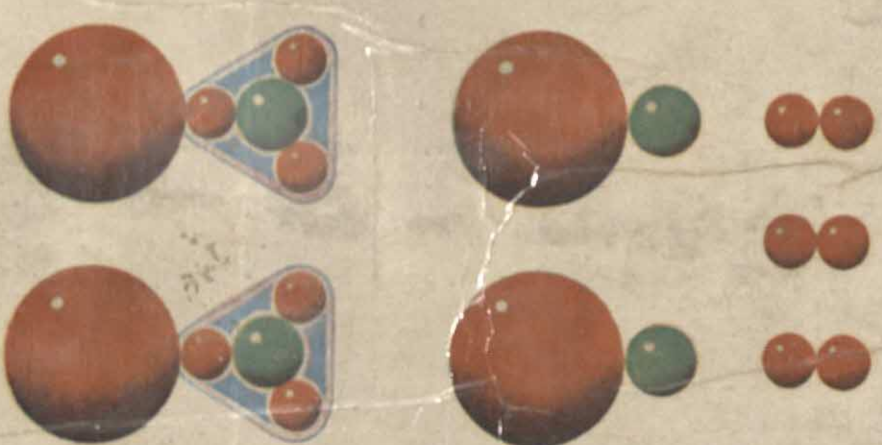
উচ্চ মাধ্যমিক

রসায়ন



অধ্যাপক শান্তিশেখর সিন্‌হা
অধ্যাপক গৌরগোবিন্দ বিশ্বাস

পুথিপত্র

C //
C

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা-সংসদের নূতন পাঠ্যক্রম ও গাইড-লাইনস্ অনুসারে লিখিত

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

[প্রথম খণ্ড]

[একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণীর জন্য]

[নূতন সিলেবাস অনুযায়ী]

শান্তিশেখর সিন্‌হা, এম. এস-সি.
অধ্যাপক, সিটি কলেজ, কলিকাতা।

ও

গৌরগোবিন্দ বিশ্বাস, এম. এস-সি., পি.-এইচ্. ডি.
অধ্যাপক, সিটি কলেজ, কলিকাতা; পার্ট টাইম শিক্ষক, হাওড়া বিবেকানন্দ ইনস্টিটিউশন, প্রাক্তন অধ্যাপক, দীনবন্ধু এ্যাণ্ড্রুজ কলেজ, গড়িয়া, সুরেন্দ্রনাথ কলেজ (সান্ধ্য), কলিকাতা; প্রাক্তন শিক্ষক মহিয়াড়ি কুণ্ড চৌধুরী ইনস্টিটিউশন, হাওড়া, নিউ আন্দুল এইচ. সি. হাইস্কুল, হাওড়া, দীনবন্ধু ইনস্টিটিউশন (ব্রাঞ্চ), হাওড়া, সোনামুখী এফ. নাহার বিদ্যালয়, আমতা, হাওড়া।

পুথিপত্র

৯ এ্যাণ্টনি বাগান লেন, কলিকাতা-৭০০ ০০৯
২ বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট, কলিকাতা-৭০০ ০৭৩

প্রকাশক । এ. সাহা
পুথিপত্র । ৯ এ্যান্টনি বাগান লেন । কলিকাতা-৭০০ ০০৯

প্রথম প্রকাশ । আগস্ট, ১৯৮৫

সরকারী আনুকূল্যে প্রাপ্ত স্বল্পমূল্যের কাগজে মুদ্রিত

মুদ্রক
ক্যালকাটা প্রিন্টার্স । ৯ এ্যান্টনি বাগান লেন । কলিকাতা-৭০০ ০০৯
ও
রায় প্রিন্টার্স । ৯ এ্যান্টনি বাগান লেন । কলিকাতা-৭০০ ৭০৯

মূল্য : চল্লিশ টাকা

আমাদের কথা

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা সংসদ-নির্দেশিত ১৯৮৫ খ্রীস্টাব্দের সিলেবাস অনুযায়ী উচ্চ মাধ্যমিক রসায়নবিজ্ঞানের এই পাঠ্যপুস্তক রচিত হইয়াছে। সুদীর্ঘ শিক্ষক জীবনের অভিজ্ঞতার আলোকে আমরা বইটিকে একই সঙ্গে অগ্রসর ও সাধারণ এই উভয় শ্রেণীর ছাত্রের উপযোগী করিবার চেষ্টা করিয়াছি। সাধারণ ছাত্রের সুবিধার জন্য যেমন প্রতিটি বিষয়কে সহজবোধ্যরূপে উপস্থিত করা হইয়াছে, তেমনই অগ্রসর ছাত্রদের দিকে লক্ষ্য রাখিয়া, যেখানে সম্ভব সেখানেই, আধুনিকতম তত্ত্ব ও তথ্যের সমাবেশ ঘটানো হইয়াছে। আমাদের প্রচেষ্টা কতদূর সার্থক হইয়াছে, গুণগ্রাহী ছাত্র এবং শিক্ষকরাই তাহার প্রকৃত মূল্যায়ন করিবেন।

বইটিতে অজস্র গাণিতিক প্রশ্নের সমাধান সন্নিবিষ্ট হইয়াছে। বিগত আট বৎসরে পশ্চিমবঙ্গ ও ত্রিপুরার উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষায়, জয়েন্ট এনট্রান্স পরীক্ষায় এবং আই. আই. টি. অ্যাডমিশন টেস্টের পাঠ্যসূচী অন্তর্ভুক্ত অংশে যে-সকল গাণিতিক প্রশ্ন দেওয়া হইয়াছিল, সেই সব প্রশ্নের সমাধান তো অন্তর্ভুক্ত হইয়াছেই, অধিকন্তু প্রত্যেক বিষয়ে ধাপে ধাপে সহজতর হইতে কঠিনতর বহুবিধ গাণিতিক প্রশ্নের সমাধান এমনভাবে সন্নিবিষ্ট হইয়াছে যে, ছাত্রেরা শিক্ষকের সাহায্য ব্যতীতই গাণিতিক সমস্যা সমাধানে পারদর্শী হইয়া উঠিতে পারিবে।

সংসদের নির্দেশ অনুযায়ী প্রত্যেক অধ্যায়ের শেষাংশে অধ্যায়টির সার-সংক্ষেপ সংযোজিত হইয়াছে। পরীক্ষার অব্যবহিত পূর্বে ছাত্রেরা এই অংশ একবার দেখিলেই গুরুত্বপূর্ণ সূত্র, সংজ্ঞা, রাসায়নিক সমীকরণ ও শর্তগুলি স্মরণে আনিতে পারিবে।

বর্তমানে উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষায় হ্রস্বোত্তর প্রশ্ন ক্রমবর্ধমানভাবে গুরুত্বলাভ করিতেছে। সেইজন্য অনুশীলনীর মধ্যে আমরা বিভিন্ন নিবন্ধধর্মী ও সাধারণ প্রশ্নগুলির সহিত নানাবিধ হ্রস্বোত্তর প্রশ্নও অন্তর্ভুক্ত করিয়াছি।

রসায়নশাস্ত্রকে ছাত্রদের নিকট অধিকতর আগ্রহোদ্দীপক করিয়া তুলিবার জন্য আমরা বইটির শেষাংশে 'জ্বালানি'-শীর্ষক একটি ক্ষুদ্র অংশ সংযোজিত করিয়াছি। এই অংশ হইতে যে-সকল অগ্রসর ছাত্র ভবিষ্যতে ইঞ্জিনিয়ারিং বা প্রযুক্তিবিজ্ঞান অধ্যয়ন করিবে একমাত্র তাহারাই উপকৃত হইবে না, যে-সব সাধারণ ছাত্র উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার পর পলিটেকনিকে প্রবেশ করিবে, তাহাদেরও বিলক্ষণ সুবিধা হইবে। তাছাড়া ভবিষ্যতে যাহারা বিভিন্ন শিল্পপ্রতিষ্ঠানে কর্মে নিযুক্ত হইবে, এই অংশ তাহাদের অনেকেরই বাস্তব জীবনে প্রয়োজনে আসিবে।

আমরা সংসদ-নির্দেশিত সীমার মধ্যে আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখিবার যথা সম্ভব চেষ্টা করিয়াছি। কিন্তু তৎসত্ত্বেও পূর্ববর্ণিত সংযোজনগুলির জন্য আমাদের গ্রন্থটির কলেবর

কিছু পরিমাণ বাড়িয়া গিয়াছে। কিন্তু আমরা নিশ্চিত যে, এই বর্ধিতাংশ হইতে ছাত্রেরা আশাতিরিক্ত উপকৃত হইবে।

পরিশেষে আমরা, পুস্তক রচনাকালে যে-সব সহকর্মী ও সুহৃদ অমূল্য উপদেশ দিয়া আমাদের সাহায্য করিয়াছেন এবং যাঁহাদের অক্লান্ত পরিশ্রমে এই পুস্তক প্রকাশ করা সম্ভব হইয়াছে, তাঁহাদের সকলকে আমাদের আন্তরিক কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করিতেছি।

গ্রন্থটিতে যাহাতে কোনরূপ ভুলভ্রান্তি না থাকে সেই দিকে যথেষ্ট সতর্ক দৃষ্টি রাখিয়াছিলাম। তথাপি অনবধানতাবশত হয়তো কিছু ভুল-ভ্রান্তি রহিয়া গেল। মাননীয় শিক্ষক-শিক্ষিকা এবং ছাত্র-ছাত্রীদের নিকট আমাদের অনুরোধ, এই গ্রন্থের কোন ত্রুটি-বিচ্যুতি যদি তাঁহাদের চোখে পড়ে তাঁহারা যেন আমাদের গোচরে আনেন।

গ্রন্থটির উৎকর্ষ-বৃদ্ধির ব্যাপারে যে-কোন মতামত ধন্যবাদ এবং কৃতজ্ঞতার সহিত গৃহীত হইবে।

শান্তিশেখর সিন্‌হা
গৌরগোবিন্দ বিশ্বাস

CHEMISTRY

Theoretical : $80+80=160+$Practical $40=200$ Marks

There will be two theoretical papers.

Paper I will consist of two groups :

Group A—General and Physical Chemistry

Group B—Inorganic Chemistry

Paper II will consist of three groups :

Group A—General and Physical Chemistry

Group B—Inorganic Chemistry

Group C—Organic Chemistry

Practical

Note : The syllabus as detailed is intended to be covered in a minimum of 180 periods, each period of 45 minutes duration, spaced over two academic years.

Paper I should be covered in Class XI. A part of Paper II may also be covered in Class XI as the number of periods available in Class XI is likely to be more than that available in Class XII. The order/seriality of the topics in the syllabus is intended to be only a guide to the sequence of teaching.

Questions set should be specific and of such type that the answers would reflect a thorough understanding of the basic principles. Emphasis should be given to short-answer type/critical questions and to numerical problems.

SYLLABUS

CHEMISTRY

Full Marks—200

Paper—I (Marks—80)

GROUP—A

General and Physical Chemistry

I. Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (critical study), Gay Lussac's Law. Atomic Weight.

II. Concept of the molecule and Avogadro's hypothesis. Definition of molecular weight. Simple deductions from Avogadro's hypothesis. Elementary idea about Avogadro's Number. Mole concept—numercial problems on the concept.

III. Chemical Equations—different types and their significance, Stoichiometry—weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations. Eudiometry and problems on Eudiometry. Vapour density, empirical formulae and molecular formulae.

IV. Equivalent weights. Determination of equivalent, atomic and **molecular weights (Mol. wt. by Victor Mayer's method only).** Dulong and petit's law. Mitscherlich's law of isomorphism—numercial problems.

V. Acids, bases and salts. Arrhenius concept of acids and bases. Different types of oxides, oxyacids, hydroxides and hydracids. Hydrolysis of salts. Equivalent weight of acids, bases and salts. Standard solutions : normal (and formal) and molar solutions. Neutralisation, acid-base indicator. Chemical calculations on acidimetry and alkalimetry.

VI. Boyle's law, Charle's law, Gas constant R ; $PV = nRT$. Dalton's law of partial pressure, Graham's Law of diffusion of gases. Numerical problems.

VII. Solution of solid in liquid. Solubility. Saturated, unsaturated and supersaturated solutions.
Solubility curves and determination of solubility.
Crystallisation, fractional crystallisation, water of crystallisation and its determination. Colloids and dialysis.

VIII. Conducting and non-conducting solutions—Arrhenius theory
Electrolysis—Faraday's laws of Electrolysis.
Electrochemical equivalent $\frac{F}{N} = e$

IX. Law of Mass Action. Dynamic equilibrium and equilibrium constant. La Chatelier's principle and its application with special reference to ammonia, nitric acid, sulphuric acid.
(Note : Numercial problems on Law of Mass Action are not required).

GROUP—B

Inorganic Chemistry

The chemistry of an element or a compound mentioned in this syllabus includes preparation, properties, reactions and uses.

I. Oxygen and hydrogen, water, hard and soft water. Softening of water : boiling, lime-soda process and ion-exchange method. Hydrogen peroxide and ozone.
II. Air, Nitrogen, NH_3, N_2O, NO, N_2O_4, HNO_2, HNO_3.
III. Boron (from B_2O_3 by Mg reduction), Orthoboric acid, Borax.
IV. Carbon, CO, CO_2, Carbonic acid.
V. Phosphorus, PH_3, P_4O_6, P_4O_{10}, H PO_3, H_3PO_4.
VI. Sulphur, H S, SO , SO , H_2SO_3, H_2SO_4.
VII. Halogens : Fluorine, Chlorine, Bromine and Iodine—a comparative study ; hydracids.
VIII. Large scale preparation (omitting details) with reference to the physico-chemical principles involved, wherever applicable, of the following :
Hydrogen, Ammonia, Nitric acid, Sulphuric acid (contact process only), Coal-gas.

সূচীপত্র

ভৌত রসায়ন

অজৈব রসায়ন

TABLE OF ATOMIC WEIGHTS (based on carbon 12=12·0000)

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Actinium	Ac	89	227	Mercury	Hg	80	200·59
Aluminium	Al	13	26·98	Molybdenum	Mo	42	95·94
Americium	Am	95	(243)	Neodymium	Nd	60	144·24
Antimony	Sb	51	121·77	Neon	Ne	10	20·183
Argon	Ar	18	39·946	Neptunium	Np	93	(237)
Arsenic	As	36	74·92	Nickel	Ni	28	58·71
Astatine	At	85	(210)	Niobium	Nb	41	92·91
Barium	Ba	56	137·36	Nitrogen	N	7	14·007
Berkelium	Bk	97	(249)	Nobelium	No	102	(253)
Berylium	Be	4	9·012	Osmium	Os	76	190·2
Bismuth	Bi	83	208·98	Oxygen	O	8	15·99943
Boron	B	5	10·81	Palladium	Pd	46	106·4
Bromine	Br	35	79·909	Phosphorus	P	15	30·97
Cadmium	Cd	48	112·40	Platinum	Pt	78	195·09
Calcium	Ca	20	40·8	Plutonium	Pu	94	(242)
Californium	Cf	98	(251)	Polonium	Po	84	210
Carbon	C	6	12·01115	Potassium	K	19	39·102
Cerium	Ce	58	140·12	Praseodymium	Pr	59	140·907
Caesium	Cs	55	132·91	Promethium	Pm	61	(147)
Chlorine	Cl	17	35·453	Protoactinium	Pa	91	(231)
Chromium	Cr	24	52·01	Radium	Ra	88	226·05
Cobalt	Co	27	58·933	Radon	Rn	86	222
Copper	Cu	29	63·54	Rhenium	Re	75	186·23
Curium	Cm	96	(245)	Rhodium	Rh	45	102·92
Dysprosium	Dy	66	162·50	Rubidium	Rb	37	85·47
Einsteinium	Es	99	(254)	Ruthenium	Ru	44	101·07
Erbium	Er	68	167·27	Samarium	Sm	62	150·35
Europium	Eu	63	152·00	Scandium	Sc	21	44·956
Fermium	Fm	100	(253)	Selenium	Se	34	78·96
Fluorine	F	9	19·00	Silicon	Si	14	28·086
Francium	Fr	87	(223)	Silver	Ag	47	107·87
Gadolinium	Gd	64	157·25	Sodium	Na	11	22·9898
Gallium	Ga	31	69·72	Strontium	Sr	38	87·62
Germanium	Ge	32	72·59	Sulphur	S	16	32·064
Gold	Au	79	196·97	Tantalum	Ta	73	180·948
Hafnium	Hf	72	178·49	Technetium	Tc	43	(99)
Helium	He	2	4·003	Tellurium	Te	52	127·60
Holmium	Ho	67	164·93	Terbium	Tb	65	158·94
Hydrogen	H	1	1·0079	Thallium	Tl	81	204·37
Indium	In	49	114·82	Thorium	Th	90	232·038
Iodine	I	53	126·90	Thulium	Tm	69	168·934
Iridium	Ir	77	192·20	Tin	Sn	50	118·69
Iron	Fe	26	55·85	Titanium	Ti	22	47·90
Krypton	Kr	36	83·80	Tungsten	W	74	183·85
Lanthanum	La	57	138·91	Uranium	U	92	238·08
Lawrencium	Lw	103	(257)	Vanadium	V	23	50·942
Lead	Pb	82	207·19	Xenon	Xe	54	131·30
Lithium	Li	3	6·939	Ytterbium	Yb	70	173·04
Lutecium	Lu	71	174·97	Yttrium	Y	39	88·905
Magnesium	Mg	12	24·312	Zinc	Zn	30	65·37
Manganese	Mn	25	54·94	Zirconium	Zr	40	91·22
Mendelevium	Md	101	(256)				

Figures in brackets are the mass numbers of the most stable isotope known.

সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

১

ভূমিকা

INTRODUCTION

[Introduction : chemistry an experimental Selence ; Elements, Compounds, and Mixtures.]

বিজ্ঞানের অর্থ বিশেষ জ্ঞান। এই বিশেষ জ্ঞান অর্জন করা যায় কার্যকারণ সম্বন্ধ হইতে। কোনও ঘটনা ঘটিল, সেই ঘটনা কেন ঘটিল তাহার ব্যাখ্যাই বিশেষ জ্ঞানের সন্ধান দেয়। বিজ্ঞান বিভিন্ন শাখায় বিভক্ত। উহাদের মধ্যে ভৌতবিজ্ঞান অন্যতম। পদার্থবিজ্ঞান ও রসায়নবিজ্ঞান ভৌতবিজ্ঞানের অন্তর্ভুক্ত। পদার্থবিজ্ঞানে শক্তির প্রকৃতি এবং রূপান্তর সম্পর্কে আলোচনা করা হয়। রসায়নবিজ্ঞানে আলোচিত হয় বস্তুর প্রকৃতি এবং রূপান্তর। এখন আমাদের জানিতে হইবে বস্তু কি? আমরা প্রাত্যহিক জীবনে যে-সকল ভরবিশিষ্ট জিনিস দেখিতে পাই বা অনুভব করি, সে সবই বস্তু। যেমন চেয়ার, টেবিল, বই, জল, গন্ধক, কয়লা, লোহা, হাইড্রোজেন গ্যাস, অক্সিজেন গ্যাস ইত্যাদি। সকল বস্তুরই ভর আছে এবং সকলেই স্থান দখল করিয়া থাকে। এই সকল বস্তুর প্রকৃতি এবং রূপান্তর সম্পর্কে সম্যক জ্ঞান অর্জনই রসায়নবিজ্ঞানের মূলকথা। বস্তুর রূপান্তরের এবং প্রকৃতি পরিবর্তনের শর্তগুলিও রসায়নবিজ্ঞানের বিষয়বস্তু।

বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার মত রসায়নবিজ্ঞানও মানুষের জীবনসংগ্রামে জয়ী হইবার নিরন্তর কর্মপ্রয়াসের ফলেই উদ্ভূত হইয়াছে। বহু সহস্র বৎসর পূর্বেও মানুষ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিভিন্ন প্রয়োজনীয় বস্তু উৎপাদন করিত। আকরিক হইতে ধাতুনিষ্কাশন প্রণালী, বিভিন্ন ধাতুসঙ্কর উৎপাদন ও ব্যবহার, কাচ ও কাচপাত্র প্রস্তুত পদ্ধতি ইত্যাদি অনেক বিষয় সে যুগের মানুষও অবগত ছিল। সে যুগে প্রযুক্তিবিদ্যায় সর্বাপেক্ষা উন্নত দেশ মিশরে লৌহ আকরিক হইতে ধাতব লৌহ নিষ্কাশিত হইত; রঙ্গিন কাচ প্রস্তুত প্রণালীর, কাঁচা চামড়াকে পাকা (tan) করার বিদ্যার কিংবা বিভিন্ন গাছ-গাছড়া হইতে ঔষধ, রঞ্জক পদার্থ এবং সুগন্ধি দ্রব্য নিষ্কাশন পদ্ধতির বহুল ব্যবহার ছিল। ভারতবর্ষ ও চীন দেশের বিভিন্ন অঞ্চলে অনুরূপ রাসায়নিক পদ্ধতির সূত্রপাত হইয়াছিল আরও প্রাচীনকালে।

অবশ্য সে যুগের মানুষ যেটুকু রাসায়নিক তথ্য আহরণ করিতে সক্ষম হইয়াছিল তাহাকে যথার্থ অর্থে বিজ্ঞান বলা অত্যুক্তি হইবে, কিন্তু সেগুলির সহিত বিভিন্ন প্রাকৃতিক ঘটনাবলীর পর্যবেক্ষণকে একত্রিত করিয়া তাহারা বস্তুর গঠন এবং পরিবর্তন সম্পর্কে বৈজ্ঞানিক চিন্তার ভিত্তি রচনা করিতে সক্ষম হইয়াছিল।

এই বিশ্বব্রহ্মাণ্ড যে কতগুলি সরল পার্থিব উপাদানে গঠিত, এই বিশ্বাস প্রাচীন ভারতবর্ষে, সেই উপনিষদের যুগ হইতেই উদ্দালক প্রমুখ ঋষিদের মতবাদের মধ্যে পরিস্ফুট হইয়া উঠিয়াছিল। পরবর্তী কালে কণাদ মুনির কণাবাদের মধ্যে, সকল বস্তুই যে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কণিকার সমবায়ে গঠিত, এই বিশ্বাসও ব্যক্ত হইয়াছিল। কিন্তু এই বিষয়ে বিশদ ও বিস্তৃত আলোচনার সূত্রপাত হইয়াছিল তদানীন্তন গ্রীক দর্শনশাস্ত্রে। খ্রীস্টপূর্ব পঞ্চম শতকে গ্রীক দার্শনিক এমপেডোক্লেস (Empedocles) ঘোষণা করেন যে, বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের মূল উপাদান চারটি : মৃত্তিকা, জল, বায়ু এবং অগ্নি। ইহার সহিত প্রাচীন ভারতীয় দর্শনের পঞ্চভূতের অর্থাৎ ক্ষিতি, অপ, তেজ, মরুৎ এবং ব্যোমের সাদৃশ্য লক্ষণীয়। যাহা হউক খ্রীস্টপূর্ব পঞ্চম শতকেরই শেষ ভাগে গ্রীসদেশে ডেমোক্রিটাস (Democritus) নামে এক দার্শনিকের আবির্ভাব হইয়াছিল। চিন্তার মৌলিকত্বে তিনি ছিলেন তাঁর সমকাল হইতে বহু শতাব্দী প্রাগ্রসর। ডেমোক্রিটাসের মতবাদ অনুযায়ী এই বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের সকল পদার্থই অতিক্ষুদ্র, অবিভাজ্য পরমাণু বা অ্যাটম দ্বারা গঠিত। এগুলি এতই ক্ষুদ্র যে, দৃষ্টিগোচর হয় না, কিন্তু একত্রিতভাবে নিজেদের মধ্যবর্তী শূন্যস্থান সমেত এই পরমাণুগুলিই সকল বস্তু গঠন করিয়াছে। কিন্তু তাঁহার এই যুগান্তকারী মতামত সমসাময়িক অপর এক বিখ্যাত গ্রীক দার্শনিক অ্যারিস্টটলের বিরোধিতার ফলে বহুশতাব্দী অনাদৃত থাকিয়া বিজ্ঞানের বিকাশে প্রভূত বিঘ্ন ঘটাইয়াছিল। অ্যারিস্টটল মনে করিতেন যে, সকল পার্থিব বস্তুর উৎস এমন এক অবিনশ্বর আদিবস্তু (prima materia) যাহা শূন্য হইতে আবির্ভূত হইতে বা শূন্যে বিলীন হইতে পারে না এবং প্রকৃতিতে যাহার মোট পরিমাণ নির্দিষ্ট। এই আদিবস্তুর ধর্মকে বিশ্লেষণ করিয়া তিনি পুনরায় পূর্বযুগের দার্শনিক এমপেডোক্লেসের মতবাদে ফিরিয়া যান এবং মৃত্তিকা, জল, বায়ু ও অগ্নি চতুষ্টয়কে বস্তুর চারটি মৌল উপাদান বলিয়া ঘোষণা করেন।

গ্রীক দার্শনিকগণ যতদিন বিজ্ঞানের তত্ত্ব লইয়া ব্যস্ত ছিলেন, ততদিনে পৃথিবীর বহুদেশে বিজ্ঞানের প্রযুক্তিগত বহু উন্নতি পরিলক্ষিত হয়। সে যুগে নীল নদের তীরে অবস্থিত আলেকজান্দ্রিয়া শহরটি ছিল প্রাচীন বিশ্বের ব্যবসা-বাণিজ্য এবং সাংস্কৃতিক বিকাশের এক অন্যতম প্রধান কেন্দ্র। এই স্থলেই প্রাচীন মিশরীয় সভ্যতার উচ্চমানের প্রযুক্তিগত বিজ্ঞানের সহিত গ্রীক দার্শনিকদের তাত্ত্বিক জ্ঞানের মিলন ঘটে। খ্রীস্টাব্দ শুরু হইবার প্রথম শতকে, আলেকজান্দ্রিয়া শহরে লিখিত বহু দলিলপত্রে রসায়নশাস্ত্রের বিকাশের বহু প্রামাণ্য তথ্য পাওয়া যায়। রসায়নাগারে ব্যবহৃত বিভিন্ন পাত্র ও যন্ত্রাংশের চিত্র, ভস্মীকরণ, পরিস্রাবণ, গলন, কেলাসন ইত্যাদি বহু পদ্ধতির সচিত্র বর্ণনা এই সব দলিলপত্রে লিপিবদ্ধ আছে।

সপ্তম খ্রীস্টাব্দে আরবগণ মিশর অধিকার করিয়া উপরি-উক্ত সঞ্চিত জ্ঞানকে বাস্তবে প্রয়োগ করিতে আরম্ভ করে এবং নিজেরাও নাইট্রিক অ্যাসিড, বিভিন্ন লবণ ইত্যাদি নানাবিধ রাসায়নিক যৌগ আবিষ্কার করিয়া রসায়নবিজ্ঞানকে

পরিপুষ্ট করে। তৎকালীন 'chemia' শব্দটি হইতে পরবর্তী কালে রসায়নবিজ্ঞানের ইংরেজী প্রতিশব্দ 'chemistry' উদ্ভূত হয়। প্রথমে আলেকজান্দ্রিয়া শহরের বৈজ্ঞানিক মহলেই রসায়নবিজ্ঞান প্রসঙ্গে এই 'কেমিয়া' শব্দটি ব্যবহৃত হইত। আরবেরা ইহার পূর্বে 'al' শব্দাংশ যোগ করার ফলে রসায়নবিজ্ঞান 'alchemy' নামে পরিচিত হয়। পরবর্তী কালে আরবদেশ হইতে রসায়নবিজ্ঞান ধীরে ধীরে ইউরোপীয় দেশগুলিতে প্রসারলাভ করে।

ইউরোপীয় দেশগুলিতে রসায়নবিজ্ঞানের অগ্রগতির সূচনা হয় সপ্তদশ শতাব্দীর মধ্যভাগ হইতে। এই সময় রবার্ট বয়েল (Robert Boyle) আধুনিক রসায়নবিজ্ঞানের সূত্রপাত করেন। তিনি মৌলিক পদার্থের প্রকৃতি নির্ণয় করিয়া ঘোষণা করেন যে, যৌগিক পদার্থগুলি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। অষ্টাদশ শতাব্দীর মধ্যভাগে প্রিস্টলে (Priestley), ক্যাভেনডিস (Cavendish), শীলে (Scheele) প্রমুখ বিজ্ঞানিগণ জল, মাটি ও বায়ু লইয়া গবেষণা করেন এবং ইহার পর ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়র (Lavoisier) মৌলিক পদার্থের প্রকৃতি বর্ণনা করেন। পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ এবং সিদ্ধান্ত—বৈজ্ঞানিক অনুসন্ধানের এই তিন ভিত্তিকে তিনিই সর্বপ্রথম রাসায়নিক বিজ্ঞানে প্রয়োগ করেন। তাই ল্যাভয়সিয়রকে আধুনিক রসায়নবিজ্ঞানের জনক বলা হয়।

উনবিংশ শতাব্দীতে বিজ্ঞানী জন ডালটন পরমাণুবাদ প্রতিষ্ঠা করেন। ইহার পর গে লুসাক (Gay Lussac), অ্যাভোগেড্রো (Avogadro), ক্যানিজেরো (Cannizzaro), বার্জিলিয়াস (Berzilius), মেণ্ডেলিফ (Mendeleeff) প্রভৃতি রসায়নবিদ্‌দের অবদানে এই বিজ্ঞান ক্রমান্বয়ে সমৃদ্ধ হইতে থাকে।

রসায়নবিজ্ঞানের শ্রেণীবিভাগ ঃ আলোচনার সুবিধার জন্য রসায়ন বিজ্ঞানকে প্রধানত তিন ভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। যথা, (i) অজৈব রসায়ন- (Inorganic Chemistry), (ii) জৈব রসায়ন (Organic Chemistry) এবং ভৌত রসায়ন (Physical Chemistry).

অজৈব রসায়নে ধাতু ও অধাতু এবং উহাদের যৌগ (কার্বন যৌগসমূহ ব্যতীত) এবং বিভিন্ন খনিজ পদার্থ লইয়া আলোচনা করা হয়। কার্বনের যৌগ সংখ্যায় এতই অধিক যে, জৈব রসায়নে উহাদের লইয়া স্বতন্ত্রভাবে আলোচনা করা হয় এবং জৈব ও অজৈব রসায়নে আলোচিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি যে-সকল মূলতত্ত্বের উপর নির্ভরশীল, সেইসকল তত্ত্ব সম্পর্কে আলোচনা করা হয় ভৌত রসায়নে।

রসায়নবিজ্ঞান একটি পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞান ঃ বিজ্ঞানের অন্য সব শাখার মত রসায়নবিজ্ঞানেও কোনও প্রাকৃতিক ঘটনা সম্পর্কে অনুসন্ধান শুরু করা হয় ঘটনার পর্যবেক্ষণ এবং বর্ণনা দ্বারা। কিন্তু বিজ্ঞানের কার্য শুধুমাত্র ঘটনাবলীর বর্ণনার মধ্যেই সীমাবদ্ধ নহে, ইহার আর এক অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ দায়িত্ব আলোচ্য ঘটনাগুলির ব্যাখ্যা করা। প্রাকৃতিক ঘটনাবলীর ব্যাখ্যা করার মধ্য দিয়াই আমরা ক্রমশ অধিকতর গভীরভাবে ঐগুলির প্রকৃত মর্মবস্তুর মধ্যে অনুপ্রবেশ

করিতে পারি, এবং ঐগুলির কারণ নির্ণয়ে ও যে-যে-অবস্থার মধ্যে ঐগুলি সংগঠিত হয় সেগুলির আবিষ্কারে সক্ষম হই। এজন্য আমরা পরীক্ষাগারে পরিমাপযোগ্য পরিবেশে প্রাকৃতিক ঘটনাবলীর ক্ষুদ্রতর সংস্করণের পুনরাবৃত্তি ঘটাইয়া অনুসন্ধান চালাইয়া যাই এবং বিভিন্ন তত্ত্বের যাথার্থ্য যাচাই করি। ইহাকেই **পরীক্ষা** (Experiment) বলে। পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত না হইলে কোনও প্রকল্প বা অনুমানকেই সঠিক তত্ত্ব হিসাবে গ্রহণ করা হয় না।

রসায়নবিজ্ঞানেও যে-সব তত্ত্ব ও তথ্য পরিবেশিত হয় সেগুলি অনেক ক্ষেত্রে প্রত্যক্ষ এবং কোনও কোনও ক্ষেত্রে পরোক্ষভাবে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত। যেমন, ভৌত রসায়নে বলা হইয়াছে যে, স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হয়। এই তত্ত্বটি বয়েল তাঁহার যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করিয়াছেন। অনুরূপভাবে চার্লস পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করিয়াছেন যে, স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উহার 0°C উষ্ণতায় অধিকৃত আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

জল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি যৌগ। হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিশ্রণে তড়িৎক্ষরণ করিলে জল প্রস্তুত হয়। 2 আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া যে জল গঠন করিয়াছে, তাহাও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত। যদি জলকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয় তাহা হইলে ক্যাথোডে দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে এক আয়তন অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে।

ধরা যাক, দুইটি পরীক্ষানলের একটিতে জল এবং অন্যটিতে ইথাইল অ্যালকোহল আছে। কোন্ পরীক্ষা নলে কোন্ বস্তুটি আছে তাহাও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা সম্ভব। যদিও দুইটি তরলই বর্ণহীন তবু ইথাইল অ্যালকোহলের একটি বিশিষ্ট গন্ধ আছে। আবার নিরুদক কপার সালফেটে জল যোগ করিলে কপার সালফেট পুনরায় নীল রঙ পরিগ্রহণ করিবে। কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহলের এইরূপ কোনও ক্রিয়া নাই। অপরপক্ষে ইথাইল অ্যালকোহল কস্টিক সোডা এবং আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ দেয় কিন্তু জল এই ধরনের কোনও বিক্রিয়া করে না। খাদ্য লবণে যে সোডিয়াম এবং ক্লোরিন আছে তাহাও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে। খাদ্যলবণ লইয়া শিখা পরীক্ষা করিলে সেই পরীক্ষায় সোডিয়ামের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়। আবার খাদ্যলবণের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস মুক্ত হয় এবং খাদ্য লবণে ক্লোরিনের উপস্থিতি প্রমাণ করে। রসায়নবিজ্ঞানে ব্যবহৃত প্রতিটি তত্ত্ব এবং তথ্য এইরূপে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণসিদ্ধ বলিয়াই আমরা রসায়নবিজ্ঞানকে পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞান বলিয়া থাকি।

পদার্থের পরিবর্তন: পদার্থের পরিবর্তন সম্পর্কে আলোচনা শুরু করিবার পূর্বে পদার্থের ধর্ম সম্বন্ধে আলোচনা করা প্রয়োজন। প্রত্যেক পদার্থের নিজস্ব

বৈশিষ্ট্যই উহার ধর্ম। পদার্থের ধর্ম দুই প্রকার: (i) ভৌত ধর্ম এবং (ii) রাসায়নিক ধর্ম। যে-সকল বৈশিষ্ট্যের সাহায্যে পদার্থের বাহ্যিক অবস্থা বা ব্যবহার বুঝিতে পারা যায় তাহাকে পদার্থের ভৌত ধর্ম বলে। বর্ণ, গন্ধ, স্বাদ, আকার, গলনাঙ্ক, হিমাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, দ্রাব্যতা, চৌম্বক ধর্ম, তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা ইত্যাদি ধর্মগুলি পদার্থের ভৌত ধর্মের অন্তর্গত। আবার যে-ধর্ম প্রকাশ করিতে কোনও পদার্থ ভিন্নতর আণবিক গঠনসম্পন্ন নূতন পদার্থে রূপান্তরিত হয়, তাহাকে উহার রাসায়নিক ধর্ম বলে। যেমন গন্ধককে অক্সিজেনে দহন করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা গন্ধকের রাসায়নিক ধর্মের প্রকাশ। যে-পরিবর্তনের ফলে পদার্থের ভৌতধর্মের পরিবর্তন ঘটে তাহাকে **ভৌত পরিবর্তন** বলে। আবার যে-পরিবর্তনের ফলে পদার্থ স্থায়িভাবে ভিন্নতর আণবিক গঠন ও ধর্মবিশিষ্ট নূতন পদার্থে পরিণত হয় তাহাকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলে।

উন্মুক্ত স্থানে রাখিয়া দিলে বরফ নিজ হইতে উষ্ণতর বায়ুর তাপে গলিয়া জলে পরিণত হয়। এই জলকে শীতল করিয়া পুনরায় বরফে পরিণত করা যায়। বরফ ও জলের মূল ধর্ম ও পরিমাণের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। ইহা একটি ভৌত পরিবর্তন। কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা উর্ধ্বপাতিত হয়, অর্থাৎ কঠিন পদার্থটি প্রথমে সরাসরি বাষ্পীভূত হয় এবং পরে পুনরায় শীতল হইয়া কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। ইহাও একটি ভৌত পরিবর্তনের উদাহরণ। কারণ এই ঘটনাতে পদার্থটির মূল ধর্ম এবং পরিমাণের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

কয়লাখণ্ডকে আগুনে পোড়াইলে তাপ ও আলোক সৃষ্টি হয় এবং কয়লাখণ্ডটি সাদা ছাইয়ে পরিণত হয়। উৎপন্ন ছাইয়ের পরিমাণ কয়লাখণ্ডটির পরিমাণের সমান থাকে না এবং ঐ ছাইকে আবার কয়লায় পরিণত করাও সম্ভব নহে। ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

কিছু দস্তা লইয়া অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে নিমজ্জিত করিলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং দস্তা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া জিঙ্ক-ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে। এই লবণ হইতে দস্তাকে কোনও সহজ অরাসায়নিক উপায়ে ফিরিয়া পাওয়া যায় না। ইহাও একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

লৌহখণ্ডকে আর্দ্র বায়ুতে রাখিয়া দিলে উহার উপর বাদামী বর্ণের একটি স্তর পড়ে। ইহাকে মরিচা বলে। মরিচার সহিত লৌহের ধর্মের কোনও মিল থাকে না। রাসায়নিক পরিবর্তনের ইহাও একটি উদাহরণ।

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্যগুলির তুলনা নিম্নে প্রদত্ত হইল:

ভৌত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
(i) পদার্থের বাহ্যিক ধর্মের বা ভৌতধর্মের পরিবর্তন ঘটে। কোনও নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় না।	(i) রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের ধর্মের আমূল পরিবর্তন ঘটে এবং নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থ উৎপন্ন হয়।

ভৌত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
(ii) ভৌত পরিবর্তনে তাপের উদ্ভব বা শোষণ হইতেও পারে আবার না-ও হইতে পারে।	(ii) রাসায়নিক পরিবর্তনে তাপের উদ্ভব বা শোষণ হইবেই।
(iii) ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের ওজনের কোনও পরিবর্তন হয় না।	(iii) অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়কগুলির মোট ওজন অপরিবর্তিত থাকিলেও বিক্রিয়কগুলির নিজ নিজ ওজনের পরিবর্তন ঘটে।
(iv) ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী। সহজ উপায়ে পরিবর্তিত পদার্থটিকে আগের অবস্থায় ফিরাইয়া লওয়া যায়।	(iv) রাসায়নিক পরিবর্তন স্থায়ী। উৎপন্ন পদার্থটিকে সহজ অরাসায়নিক উপায়ে পূর্বাবস্থায় ফিরাইয়া লওয়া যায় না।
(v) ভৌত পরিবর্তনে পদার্থটির আণবিক গঠনে কোনও রূপান্তর ঘটে না।	(v) রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থটির আণবিক গঠনে পরিবর্তন অবশ্যম্ভাবি।

মৌলিক পদার্থ, যৌগিক পদার্থ এবং মিশ্রণ
(Matter—elements, compounds and mixtures)

প্রাত্যহিক জীবনে আমরা যে-সব পদার্থ দেখিতে পাই, সেগুলিকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়, যথা, (i) বিশুদ্ধ পদার্থ এবং (ii) অবিশুদ্ধ পদার্থ। একই বস্তু লইয়া গঠিত পদার্থকে **বিশুদ্ধ পদার্থ** এবং একাধিক বিশুদ্ধ পদার্থের মিশ্রণকে **অবিশুদ্ধ পদার্থ** বলে। সকল বিশুদ্ধ পদার্থই সমসত্ত্ব। যে-সকল পদার্থের বিভিন্ন অংশের ধর্ম ও গঠন অভিন্ন, তাহারা **সমসত্ত্ব** পদার্থ। যেমন সোডা, জল, তুঁতে ইত্যাদি। **অসমসত্ত্ব** পদার্থের বিভিন্ন অংশের ভিন্ন ভিন্ন ধর্ম ও গঠন দেখা যায়। যেমন গন্ধক ও বালির মিশ্রণ। তবে পদার্থ সমসত্ত্ব হইলেই-যে বিশুদ্ধ হইবে, এমন কোনও কথা নাই। যেমন চিনির জলীয় দ্রবণ সমসত্ত্ব হইলেও অবিশুদ্ধ।

বিশুদ্ধ পদার্থকে আবার দুই ভাগে ভাগ করা যায়—(i) **মৌলিক পদার্থ** ও (ii) **যৌগিক পদার্থ**।

কিছু পরিমাণ গন্ধককে বিভিন্নভাবে বিশ্লেষণ করিলেও আমরা গন্ধকের মধ্যে গন্ধক ছাড়া অন্য কোনও পদার্থের অস্তিত্ব খুঁজিয়া পাইব না। অনুরূপভাবে অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে অক্সিজেন ব্যতীত অন্য কোনও পদার্থের উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায় না। এই সকল পদার্থই মৌলিক পদার্থ বা মৌল।

মৌলিক পদার্থ (Elements): যে-পদার্থ হইতে কোনও রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে উহা অপেক্ষা সরলতর এবং ভিন্নতর ধর্মবিশিষ্ট পদার্থ পাওয়া যায় না তাহাকে মৌলিক পদার্থ বা মৌল

বলে। প্রকৃতিতে অবস্থান করে এরূপ মৌলের সংখ্যা 92টি। বর্তমানে আরও কতগুলি মৌলের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। ইহারা সকলেই তেজস্ক্রিয় মৌল এবং সকলকেই কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত করা সম্ভব।

জলের মধ্যে কিছু পরিমাণ অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে, জল বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি ভিন্নধর্মী পদার্থে পরিণত হয়। আবার হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠাইলে জল উৎপন্ন হয়। সুতরাং জল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিলন হইতে উদ্ভূত। অনুরূপভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন দুইটি ভিন্নধর্মী মৌল এবং উহাদের ধর্ম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম হইতেও স্বতন্ত্র। সুতরাং বুঝা যাইতেছে যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযুক্তির ফলে সৃষ্ট হইয়াছে। অতএব জল এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই দুইটিই যৌগিক পদার্থ।

যৌগিক পদার্থ বা যৌগ (Compound)ঃ যে-সমসত্ত্ব পদার্থকে কোনও রাসায়নিক উপায়ে দুই বা ততোধিক ভিন্নধর্মী এবং সরলতর পদার্থে পরিণত করা যায় তাহাকে যৌগিক পদার্থ বা যৌগ বলে। চিনি, খাদ্য লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড, তুঁতে ইত্যাদি যৌগিক পদার্থ বা যৌগের উদাহরণ। চিনিকে বিশ্লেষণ করিলে কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মত ভিন্ন ভিন্ন ধর্মী মৌল পাওয়া যাইবে। অনুরূপভাবে খাদ্য লবণে সোডিয়াম এবং ক্লোরিন মৌল দুইটিকে এবং তুঁতের মধ্যে কপার, সালফার ও অক্সিজেন মৌল তিনটিকে পাওয়া যাইবে।

মিশ্র পদার্থ (Mechanical Mixture)ঃ দুই বা ততোধিক পদার্থ যে-কোনও অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া যদি এরূপ পদার্থ পাওয়া যায় যাহার মধ্যে মিশ্রিত পদার্থগুলির ধর্ম বর্তমান থাকে এবং উহাদের সহজ ভৌত বা যান্ত্রিক উপায়ে পৃথক করা যায়, তাহা হইলে ঐ পদার্থটিকে মিশ্র পদার্থ বা মিশ্রণ বলে। সাধারণত মিশ্রণ একটি অসমসত্ত্ব পদার্থ এবং ইহার প্রস্তুতিকালে তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় না। অবশ্য এই শেষোক্ত বিচার দুইটির ক্ষেত্রে দ্রবণ একটি ব্যতিক্রম যাহা পরে আলোচিত হইবে।

বালি, চিনি ও গন্ধককে একসঙ্গে মিশ্রিত করিলে মিশ্রণে সবকয়টি উপাদানের ধর্মই বর্তমান থাকে। ইহা মিশ্রণের একটি উদাহরণ। এই মিশ্রণের উপাদান-গুলিকে অতি সহজ যান্ত্রিক বা ভৌত পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব। যেমন, উক্ত মিশ্রণকে জল সহযোগে ঝাঁকাইয়া পরিস্রাবণ (filter) করিলে চিনির জলীয় দ্রবণ পরিস্রুতে (filtrate) চলিয়া আসিবে। অতঃপর চিনির দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে চিনি আবার ফিরিয়া পাওয়া যাইবে। ফিল্টার কাগজের গায়ে অবশেষ (residue) হিসাবে গন্ধক এবং বালির মিশ্রণ লাগিয়া থাকিবে। অবশেষটিতে কার্বন ডাই-

সালফাইড-নামক তরল যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে গন্ধক কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং এই শেষোক্ত দ্রবণটি পরিস্রাবণ করিলে গন্ধক পরিস্রুতে চলিয়া আসিবে এবং বালি অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকিবে। কার্বন ডাই-সালফাইডে গন্ধকের দ্রবণটি লইয়া বাষ্পীভূত করিলে গন্ধককে পুনরায় ফিরিয়া পাওয়া যাইবে।

লৌহচূর্ণ ও বালির মিশ্রণও একটি মিশ্র পদার্থ। ইহাতে বালি ও লৌহ দুইটি উপাদানের ধর্মই বর্তমান। এই মিশ্রণ হইতে লৌহকে চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট করিয়া সহজেই পৃথক করা যায়।

দ্রবণ (Solution) : মিশ্র পদার্থ সম্বন্ধে আলোচনাকালে দ্রবণ সম্বন্ধে কিছু আলোচনা হওয়া প্রয়োজন। দ্রবণে যৌগিক পদার্থের কতকগুলি বিশেষত্ব লক্ষ্য করা গেলেও দ্রবণ আসলে একটি মিশ্র পদার্থ। দ্রবণে যৌগিক পদার্থতুল্য যে-সব ধর্ম বর্তমান সেইগুলি হইল :

(*i*) দ্রবণ সমসত্ত্ব। অর্থাৎ দ্রবণের সমস্ত অংশের ধর্ম এবং উপাদানগত পরিমাণ একরূপ। (ii) দ্রবণ প্রস্তুত করিবার সময় তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধি হয়, যাহা সাধারণত রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে দেখিতে পাওয়া যায়। যেমন, কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতকালে তাপ উদ্ভূত হয় এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ প্রস্তুতকালে তাপ শোষিত হয়। (iii) কোনও বিশেষ তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে দ্রাবের পরিমাণ সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে (স্থিরানুপাত সূত্রের সহিত তুলনীয়)। (iv) সম্পৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক যৌগিক পদার্থের স্ফুটনাঙ্কের ন্যায় নির্দিষ্ট।

দ্রবণে যৌগিক পদার্থতুল্য উপরি-উক্ত ধর্মগুলি বর্তমান থাকা সত্ত্বেও দ্রবণকে মিশ্র পদার্থরূপে গণ্য করা হয় নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্য :

(i) দ্রবণের উপাদানগুলি হইতে কোনও নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় না। চিনির জলীয় দ্রবণে চিনি (দ্রাব) এবং জল (দ্রাবক) উভয়ের ধর্মই বর্তমান থাকে। (ii) দ্রবণের উপাদানগুলিকে বাষ্পীভবন, পাতন, ঊর্ধ্বপাতন, কেলাসন প্রভৃতি সহজ ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায়।

মিশ্র পদার্থ ও যৌগিক পদার্থের পার্থক্যগুলি নিম্নে লিপিবদ্ধ করা হইল :

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
(i) মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলি যে-কোনও ওজনের অনুপাতে থাকিতে পারে।	(i) যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলি একটি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে যুক্ত থাকে। (স্থিরানুপাত সূত্র।)
(*ii*) মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম বর্তমান থাকে। ভিন্ন-ধর্মী কোনও নূতন পদার্থের উদ্ভব হয় না।	(ii) যৌগিক পদার্থের উপাদান-গুলির নিজ নিজ ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া ভিন্নতর ধর্মবিশিষ্ট নূতন পদার্থের আবির্ভাব ঘটে।

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
(iii) মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলিকে বাষ্পায়ন, পাতন, কেলাসন প্রভৃতি সহজ ভৌত অথবা যান্ত্রিক উপায়ে পৃথক করা সম্ভব।	(iii) যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলিকে এইরূপ কোনও সহজ সরল অরাসায়নিক উপায়ে পৃথক করা যায় না।
(iv) দ্রবণ ব্যতীত অন্য প্রকার মিশ্র পদার্থ প্রস্তুতকালে তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় না।	(iv) যে-কোনও প্রকার যৌগিক পদার্থ প্রস্তুত করিবার সময় তাপের উদ্ভব বা শোষণ অবশ্যম্ভাবী।
(v) দ্রবণ ব্যতীত সর্বপ্রকার মিশ্রপদার্থ অসমসত্ত্ব।	(v) যৌগিক পদার্থ মাত্রই সমসত্ত্ব।
(vi) মিশ্র পদার্থের কোনও নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক থাকে না। (সম্পৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক নির্দিষ্ট।)	(vi) যৌগিক পদার্থের গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক নির্দিষ্ট।

ধাতু এবং অধাতু
(Metals and Non-metals)

মৌলিক পদার্থগুলিকে তাহাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অনুযায়ী দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়—(*i*) **ধাতু** (Metals) এবং (*ii*) **অধাতু** (Non-metals)। মৌলিক পদার্থগুলির মধ্যে প্রায় তিন-চতুর্থাংশই ধাতু। সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, তামা, রূপা, সোনা প্রভৃতি ধাতু এবং হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন, বোরন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদি অধাতু।

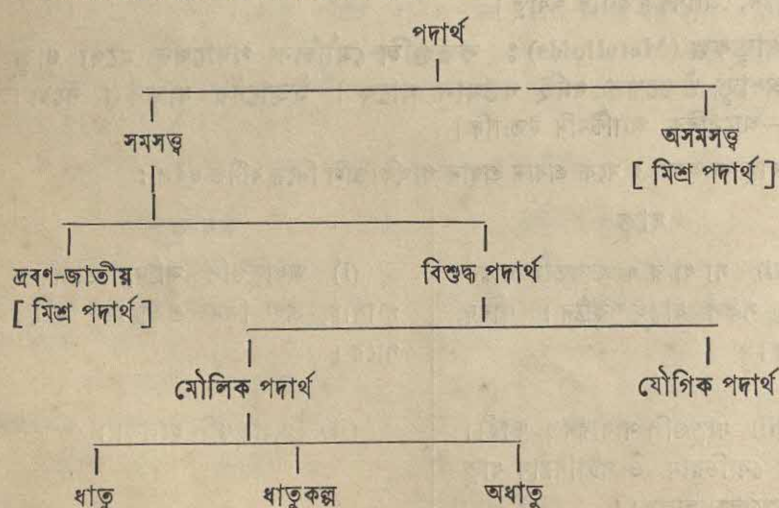
ধাতুকল্প (Metalloids): কতগুলি মৌলিক পদার্থের মধ্যে ধাতু ও অধাতু উভয়ের ধর্মই বর্তমান থাকে। ইহাদের ধাতুকল্প বলে। যথা—আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ইত্যাদি।

ধাতু ও অধাতুর মধ্যে প্রধান প্রধান পার্থক্যগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল:

ধাতু	অধাতু
(i) সাধারণ উষ্ণতায় পারদ ছাড়া সকল ধাতুই কঠিন। পারদ তরল।	(i) অধাতুগুলি কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়, এই তিন প্রকারেরই হইতে পারে।
(ii) ধাতুগুলি সাধারণত ভারী। কিন্তু সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতু জল অপেক্ষা হাল্‌কা।	(ii) অধাতুগুলি হাল্‌কা।

ধাতু	অধাতু
(iii) ধাতুগুলির নিজস্ব ধাতব-দ্যুতি (Metallic lustre) আছে এবং কোনও ধাতুকে আঘাত করিলে বিশেষ ধরনের ধাতব শব্দের সৃষ্টি হয় (Metallic sound)	(iii) অধাতুগুলির এইরূপ কোনও ধাতব দ্যুতি নাই। তবে অধাতু হইলেও আয়োডিনের ধাতবদ্যুতি আছে। অধাতুকে আঘাত করিলে কোনও ধাতব শব্দ নির্গত হয় না।
(iv) ধাতুগুলি সাধারণত তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।	(iv) অধাতুগুলি সাধারণত তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী। কিন্তু গ্রাফাইট অধাতু হইলেও তড়িতের সুপরিবাহী।
(v) ধাতুর ঘাতসহতা (malleability) এবং প্রসারণধর্ম (ductility) বর্তমান। অর্থাৎ ধাতুগুলিকে সাধারণত পিটাইয়া পাত করা যায় অথবা টানিয়া সরু তারে পরিণত করা সম্ভব।	(v) কঠিন অধাতুগুলি ভঙ্গুর। ইহাদের পিটাইলে ভাঙিয়া যায়।
(vi) ধাতুর গলনাঙ্ক সাধারণত বেশি।	(vi) অধাতুর গলনাঙ্ক সাধারণত কম। তবে কার্বন, সিলিকন, বোরন উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট।
(vii) ধাতুর অক্সাইডগুলি সাধারণত বেসিক অর্থাৎ ক্ষারকধর্মী।	(vii) অধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণত অ্যাসিডিক অর্থাৎ অম্লধর্মী।

পদার্থের শ্রেণীবিভাগ নিম্নে ছকের সাহায্যে প্রকাশ করা হইল :



অনুশীলনী

1. রসায়নবিজ্ঞান বলিতে কি বুঝ? বিজ্ঞান শব্দের অর্থ কি? 'রসায়ন-বিজ্ঞান হইল পরীক্ষাভিত্তিক বিজ্ঞান'—বুঝাইয়া দাও।

2. 'কেমিস্ট্রি' শব্দের উৎপত্তি কি ভাবে হইল? রসায়নবিজ্ঞানের শ্রেণীবিভাগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

3. পদার্থের পরিবর্তন বলিতে কি বুঝ? ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের তুলনামূলক আলোচনা কর।

4. মৌলিক পদার্থ, যৌগিক পদার্থ এবং মিশ্রণের সংজ্ঞা দাও। মিশ্র পদার্থ ও যৌগিক পদার্থের তুলনামূলক আলোচনা কর।

5. ধাতু ও অধাতুগুলির মধ্যে প্রধান প্রধান পার্থক্যগুলি লিপিবদ্ধ কর।

6. যৌগের সহিত সাদৃশ্য থাকিলেও দ্রবণ যৌগ নহে—যুক্তি সহকারে ব্যাখ্যা কর।

7. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি মিশ্র পদার্থ না যৌগিক পদার্থ বুঝাইয়া দাও:

(a) লবণের জলীয় দ্রবণ, (b) খাদ্য লবণ, (c) সোডা ওয়াটার, (d) আয়রন সালফাইড, (e) মরিচা, (f) পেনের কালি, (g) বায়ু।

———

২

রাসায়নিক সংযোগের সূত্রাবলী এবং ডালটনের পরমাণুবাদ

LAWS OF CHEMICAL COMBINATIONS : DALTON'S ATOMIC THEORY

[Syllabus : Laws of Chemical combinations. Dalton's Atomic Theory (critical study). Gay Lussac's law. Atomic weight.]

যেহেতু বিজ্ঞান কার্যকারণ সম্বন্ধ আলোচনা করিয়া থাকে তাই কোনও ঘটনা কেন ঘটিল তাহা ব্যাখ্যার জন্য নানারকম তত্ত্ব (theory) এবং ধারণা বা প্রকল্পের (hypothesis) প্রয়োজন হয়। অথবা সেই ঘটনা কোনও নিয়ম মানিয়া চলে কিনা তাহাও অনুধাবনের দরকার হয়। বিজ্ঞান আলোচনা কালে ঘটনা (fact), নিয়ম বা সূত্র (law), প্রকল্প (hypothesis), এবং তত্ত্ব (theory) শব্দগুলি বহুব্যবহৃত, তাই এই শব্দগুলির ব্যাখ্যা প্রয়োজন।

ঘটনা (Fact) ঃ গাছ হইতে আপেল মাটিতে পড়ে, জল উচ্চতল হইতে নিম্নতলের দিকে গড়ায়, তাপ উচ্চ উষ্ণতা হইতে নিম্ন উষ্ণতার দিকে প্রবাহিত হয়, চুম্বকের উত্তর মেরু দক্ষিণ মেরুকে আকর্ষণ করে অথবা সমমেরুকে বিকর্ষণ করে, জলকে উত্তপ্ত করিলে বাষ্প হইয়া যায়। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাসের উপর চাপ বাড়াইলে আয়তন কমিয়া যায় এবং চাপ কমাইলে আয়তন বাড়িয়া যায় — এইগুলি বিভিন্ন ঘটনার উদাহরণ। সুতরাং ঘটনা বলিতে এমন সব স্বতঃস্ফূর্ত কার্য বুঝায়, যাহার ব্যতিক্রম প্রকৃতিতে কখনও দেখা যায় না। অনন্তকাল হইতে ঘটনাগুলি একইভাবে ঘটিয়া আসিতেছে।

সূত্র (Law) ঃ উক্ত ঘটনাগুলি কতকগুলি নির্দিষ্ট নিয়ম মানিয়া চলে। এই সকল নিয়ম পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত। কোনও ঘটনা সম্বন্ধে পরীক্ষা বা পর্যবেক্ষণ করিয়া ঘটনাগুলি যে-নিয়ম মানিয়া চলে তাহা সরলভাবে এবং সাধারণভাবে লিপিবদ্ধ করিলে যাহা পাওয়া যায় তাহাই সূত্র। আমরা জানি, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোনও নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে তাহার আয়তন কমিয়া যায় এবং চাপ হ্রাস করিলে আয়তন বাড়িয়া যায়—ইহাই ঘটনা। এই ঘটনাটি যে-নিয়ম মানিয়া ঘটে তাহা হইল, চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন প্রাথমিক আয়তনের অর্ধেক হইয়া যায় অথবা চাপ তিনগুণ করিলে আয়তন প্রাথমিক আয়তনের এক-তৃতীয়াংশে পরিণত হয়। অনুরূপভাবে চাপ কমাইয়া অর্ধেক করিলে আয়তন প্রাথমিক আয়তনের দ্বিগুণ হয় এবং চাপ কমাইয়া এক-তৃতীয়াংশ করিলে আয়তন তিনগুণ হয়। সুতরাং চাপের পরিবর্তনের সহিত

আয়তনের এই হ্রাস-বৃদ্ধি নিম্নলিখিত নিয়ম মানিয়া চলে: "স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোনও গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।"—ইহাই সূত্র। অন্যান্য ঘটনার ক্ষেত্রেও এই ধরনের বিভিন্ন সূত্র বিজ্ঞানে লিপিবদ্ধ হইয়াছে।

প্রকল্প (Hypothesis) ঃ কোন ঘটনাকে ব্যাখ্যা করিতে যাইয়া যদি কোনও ধারণার আশ্রয় লইতে হয় তাহা হইলে, সেই ধারণাকে প্রকল্প বলা হয়। প্রকল্প প্রত্যক্ষ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত নয়। রাসায়নিক সংযোগের বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে অ্যাভোগেড্রোর ধারণা হইয়াছিল যে, একই উষ্ণতা ও চাপে সমআয়তন সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু বর্তমান। অ্যাভোগেড্রোর এই ধারণার পরীক্ষাগত প্রত্যক্ষ প্রমাণ না থাকিলেও এই ধারণার বিরোধিতা করার পিছনে কোনও পরীক্ষালব্ধ বা যুক্তিগত প্রমাণ নাই। অপরদিকে এই ধারণা ভৌত রসায়ন-বিজ্ঞানের অনেক সমস্যার সমাধান করিয়াছে, সুতরাং ইহার প্রত্যক্ষ প্রমাণ না থাকিলেও ইহা পরোক্ষভাবে সত্য। ইহাই অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প নামে খ্যাত।

তত্ত্ব (Theory) ঃ প্রকৃতপক্ষে প্রকল্প এবং তত্ত্বের মধ্যে বিশেষ কোনও পার্থক্য নেই। যখন কোনও প্রকল্প বিজ্ঞানে বিশেষ কোনও ক্ষেত্রের বিভিন্ন ঘটনা তথা পরীক্ষার সহিত মিলিয়া যায় তখন সেই প্রকল্পকে তত্ত্ব বলা হয়। প্রাথমিক পরীক্ষা হইতে পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে যে-সকল ধারণা সৃষ্টি হইয়াছিল, পরবর্তী কালে বিভিন্ন ঘটনা এবং পরীক্ষা দ্বারা সেই ধারণাগুলি সমর্থিত হওয়ায় এই প্রকল্পটি পারমাণবিক তত্ত্বে রূপান্তরিত হইয়াছে।

রাসায়নিক সংযোগ সূত্র ঃ আমরা দেখিতে পাই দুই বা ততোধিক পদার্থ পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া যৌগ গঠন করে অথবা কোন যৌগ বিযোজিত হইয়া মৌল অথবা নূতন নূতন যৌগ সৃষ্টি করে। এই বিক্রিয়াগুলি প্রাকৃতিক ঘটনা, যেহেতু সমস্ত প্রাকৃতিক ঘটনাই কিছু-না-কিছু নিয়ম মানিয়া চলে তাই রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিও কতকগুলি নিয়ম মানিয়া চলিবে। এই নিয়মগুলিই রাসায়নিক সংযোগ সূত্র নামে পরিচিত। যে-পাঁচটি সূত্র দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি নিয়ন্ত্রিত সেইগুলি হইল:

1. ভরের নিত্যতা সূত্র বা বস্তুর অবিনাশিতা সূত্র (Law of conservation of mass or law of indestructibility of matter);
2. স্থিরানুপাত সূত্র (Law of constant or definite proportions);
3. গুণানুপাত সূত্র (Law of multiple proportions);
5. গ্যাস আয়তন সূত্র (Law of gaseous volumes)।

1. ভরের নিত্যতা সূত্র (ল্যাভয়সিয়ার, 1774) ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের রূপান্তর হয়, তাহার বিনাশ হয় না। সর্বদাই বিক্রিয়ার পূর্বে বিকারকের মোট ভর বিক্রিয়ার পরে বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভরের সমান হয়। অর্থাৎ পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস নাই।

ব্যাখ্যা ঃ মনে করা যাক্, A এবং B দুইটি পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়া করিয়া C এবং D দুইটি পদার্থ সৃষ্টি করিল। পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, বিক্রিয়ার আগে A এবং B-এর মোট ভর বিক্রিয়ার পরে C এবং D-এর মোট ভরের সমান হইতেছে। 56 গ্রাম লৌহ 32 গ্রাম গন্ধকের সহিত যুক্ত হইয়া লৌহের যে সালফাইড যৌগ উৎপন্ন করিবে তাহার ভর সর্বদাই 88 গ্রাম হইবে। 40 গ্রাম কস্টিক সোডা 36·5 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড় এবং জল তৈয়ারী করে। সোডিয়াম ক্লোরাইড ও জলের মোট ভর অবশ্যই 76·5 গ্রাম হইবে।

প্রাত্যহিক জীবনে আমরা কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া দেখি যেগুলিকে ভরের নিত্যতা সূত্রের বিরোধী মনে হইতে পারে। যেমন, আমরা যদি কিছু কেরোসিন অথবা অ্যালকোহল জ্বালাই, দহন শেষ হইয়া গেলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। অল্প গন্ধক লইয়া পোড়াইলে সম্পূর্ণ গন্ধকটাই নিঃশেষ হইয়া যায়। কয়লাকে পোড়াইলে যে ছাই পড়িয়া থাকে তাহার ভর কয়লার ভরের চাইতে পরিমাণে কম হয়। এই সকল ঘটনা হইতে মনে হইবে পদার্থ ধ্বংসপ্রাপ্ত হইয়াছে, আসলে তাহা ঠিক নহে। কেরোসিন, অ্যালকোহল হাইড্রোজেন এবং কার্বনের যৌগ। ইহাদিগকে বায়ুতে জ্বালাইলে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় এবং বাতাসের সহিত মিশিয়া যায়। প্রতি ক্ষেত্রে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের ভর যোগ করিলে ব্যবহৃত দাহ্য পদার্থের ভর এবং বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের মোট ভরের সমান হইবে। অর্থাৎ যদি a গ্রাম কেরোসিন পোড়াইতে b গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন হয় এবং ইহার ফলে y গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড ও z গ্রাম জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হইয়া বাতাসে মিশিয়া যায় তাহা হইলে $(a+b)$ গ্রাম $=(y+z)$ গ্রাম হইবে।

কয়লাকে পোড়াইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড হইয়া বাতাসে মিশিয়া যায়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের ভর এবং অবশিষ্ট ছাই-এর ভর যোগ করিলে কয়লার ভর এবং ব্যবহৃত অক্সিজেনের ভরের যোগফলের সমান হইবে। অনুরূপভাবে দেখা যায়, গন্ধক জ্বলিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইয়া বাতাসে মিশিয়া যায়। ধরা যাক, উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ z গ্রাম। যদি গন্ধকের পরিমাণ x গ্রাম হয় এবং ইহা y গ্রাম অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে তাহা হইলে দেখা যাইবে $(x+y)$ গ্রাম z গ্রাম-এর সমান।

পদার্থের বিনাশ কখনই সম্ভব নয়। আসলে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি আমাদের দৃষ্টির অগোচরে বাতাসে মিশিয়া যায়, তাই আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় যে, পদার্থের বিনাশ সাধন হইতেছে।

উল্লিখিত ঘটনার বিপরীত ঘটনাও আমাদের চোখে পড়ে। নির্দিষ্ট পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে দহন করিলে সাদা গুঁড়ার মত একপ্রকার পদার্থ পাওয়া যায় যাহার ভর ব্যবহৃত ম্যাগনেসিয়ামের ভর অপেক্ষা অধিক। এই ঘটনা হইতে মনে

হইতে পারে পদার্থের সৃষ্টি হইয়াছে। আসলে তাহা নহে। বায়ুর অক্সিজেন ম্যাগনেসিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সাদা ম্যাগনেসিয়ামের অক্সাইড উৎপন্ন করে। ভর বৃদ্ধির আসল কারণ ম্যাগনেসিয়ামের সহিত অক্সিজেনের সংযুক্তি।

কিছু পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উন্মুক্ত অবস্থায় বাতাসে রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে তাহার ভর বৃদ্ধি পাইয়াছে। এই ক্ষেত্রেও পদার্থের সৃষ্টি হয় নাই। আসলে সালফিউরিক অ্যাসিড বাতাস থেকে জলীয় বাষ্প শোষণ করে। সুতরাং এই ভর বৃদ্ধির কারণ শোষিত-জল, যে-ঘটনা আমাদের দৃষ্টির অগোচরে ঘটিয়া গিয়াছে।

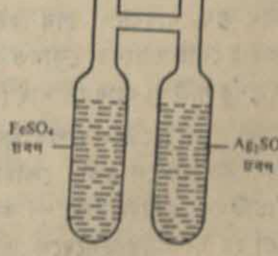
নির্দিষ্ট ভরের লোহাকে আর্দ্র বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে কিছুদিন পরে দেখা যাইবে লোহার উপর বাদামি বর্ণের স্তর পড়িয়াছে এবং ভর বৃদ্ধি পাইয়াছে। এই ভর বৃদ্ধির কারণ জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে লোহা বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া মরিচা সৃষ্টি করিয়াছে। লোহার সহিত জল এবং অক্সিজেন যুক্ত হওয়ার ফলে উহার ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে, এই মরিচা-সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় জল এবং অক্সিজেন গৃহীত হয় বায়ু হইতে। অর্থাৎ, লোহা যে-পরিমাণ জল ও অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া মরিচা গঠন করিয়াছে ; সেই পরিমাণ জল ও অক্সিজেন বাতাস হইতে অপসারিত হইয়াছে। সুতরাং পদার্থের সৃষ্টি হয় নাই। বাতাস হইতে অপসারিত জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন লোহার সহিত যুক্ত হইয়া ভরবৃদ্ধি করিয়াছে।

তবে বিজ্ঞানের অগ্রগতির ফলে পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র কিছুটা পরিবর্তন করার প্রয়োজন হইয়াছে। যেহেতু বর্তমান বিজ্ঞানে প্রমাণিত হইয়াছে যে, (আইনস্টাইন-এর তত্ত্ব) পদার্থ শক্তিতে রূপান্তরিত হইতে পারে তাই এই সূত্রটির পরিবর্তন হইয়া যে রূপ হওয়া উচিত তাহা হইল—"পদার্থ এবং শক্তি অবিনশ্বর"।

যাহা হউক, সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ভরের নিত্যতা সূত্র মানিয়া চলে অথবা অন্যভাবে বলিতে গেলে এই সকল ক্ষেত্রে পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় না।

ভরের নিত্যতা সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ :

1. **ল্যানডল্টের পরীক্ষা :** H আকারের একটি কাচপাত্রের দুই নলের একটিতে ফেরাস সালফেট এবং অপরটিতে সিলভার সালফেট দ্রবণ লইয়া নল দুইটির দুই মুখ উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এইবার এই বদ্ধ পরীক্ষা-পাত্রটির ওজন লওয়া হয়। ওজন লওয়ার পর পরীক্ষাপাত্রটি বিভিন্ন দিক হইতে ঝাঁকান হয়। ইহার ফলে দুই নলের মধ্যস্থিত দ্রবণ পরস্পরের সহিত মিশিয়া যায় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতব রূপাকে অধঃক্ষিপ্ত করে। এই বিক্রিয়ার পর বদ্ধ পরীক্ষাপাত্রটির আবার ওজন লওয়া হয়।

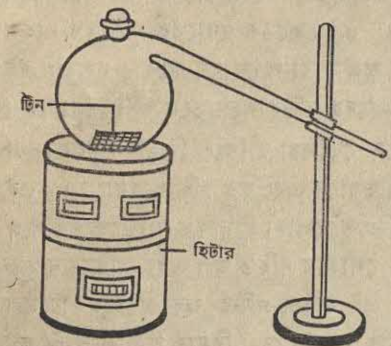


চিত্র 2.1 ল্যানডল্টের পরীক্ষা

দেখা যায় যে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগের ও পরের ওজনের কোনও তারতম্য

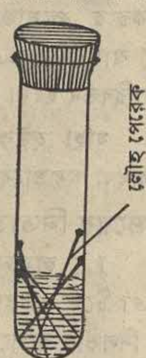
হয় নাই। সুতরাং এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে, পদার্থের রূপান্তর সম্ভব কিন্তু পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস নাই (চিত্র 2.1)।

2. ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা : একটি কাচের বকযন্ত্রে অল্প পরিমাণ টিন রাখিয়া বকযন্ত্রের মুখটি উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। তারপর টিনসহ বকযন্ত্রটির ওজন লওয়া হয়। ইহার পর বকযন্ত্রটিকে হিটারে উত্তপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রের মধ্যস্থিত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া টিন আংশিকভাবে সাদা পদার্থে পরিণত হয় অর্থাৎ টিনের অক্সাইড গঠন করে। বকযন্ত্রটি শীতল করিয়া পুনরায় ওজন করিলে দেখা যাইবে আগের ওজন এবং পরের ওজন একই আছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে পদার্থের রূপান্তর ঘটিয়াছে মাত্র, পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় নাই (চিত্র 2.2)।



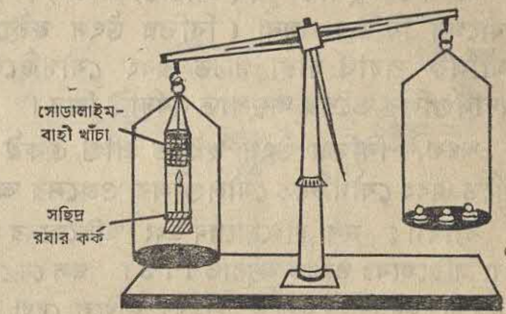
চিত্র 2.2 ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা

3. লৌহের মরিচা পড়া : একটি শক্ত কাচনলে কিছু পরিমাণ জল এবং কয়েকটি লৌহনির্মিত পেরেক রাখা হয়। নলের মুখ কর্ক দিয়া বায়ুরুদ্ধ করা হয়। এইবার জল ও পেরেক সমেত নলটির ওজন লওয়া হয়। নলটি এইভাবে কয়েকদিন রাখিয়া দিলে পেরেকের গায়ে বাদামি বর্ণের আস্তরণ পড়িবে। নলটির আবার ওজন লইলে দেখা যাইবে যে, ওজনের কোনও পরিবর্তন হয় নাই। নলমধ্যস্থিত অক্সিজেন এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া পেরেকের লৌহ আংশিক-ভাবে মরিচায় পরিণত হইয়াছে। ইহার ফলে পেরেক-গুলির ওজন বৃদ্ধি হইলেও নলমধ্যস্থিত অক্সিজেন এবং জলের ওজন সম পরিমাণে হ্রাস হইয়াছে। হ্রাস-বৃদ্ধি সমান হওয়ায় মোট ওজনের কোনও পরিবর্তন হয় নাই। অর্থাৎ পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় নাই (চিত্র 2.3)।


চিত্র 2.3 লৌহের মরিচা পড়া পরীক্ষা

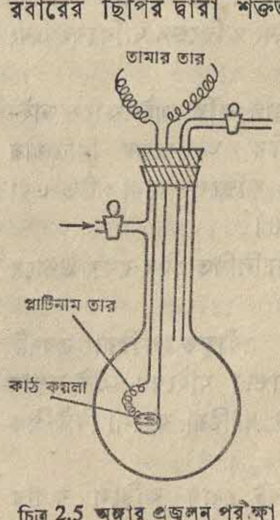
4. পার্টিংটনের পরীক্ষা : একটি চওড়া ব্যাসযুক্ত দুই মুখ খোলা কাচের নলের উপরিভাগে একটি লোহার তারজালির খাঁচা শক্ত করিয়া লাগান থাকে। খাঁচাটি সোডালাইম দ্বারা পূর্ণ করা হয় (চুন ও কস্টিক সোডার মিশ্রণকে সোডালাইম বলা হয়), নলটির তলদেশে একটি রবারের কর্ক শক্ত করিয়া আটকান থাকে। কর্কের মধ্যে কয়েকটি ছিদ্র করা থাকে যাহার ফলে নলের ভিতর বায়ু প্রবেশ করিতে পারে। কর্কের উপর নলের ভিতর দিকে একটি মোমবাতি বসান থাকে।

মোমবাতিসহ কর্কটির দ্বারা নলের তলদেশ বন্ধ করিয়া সোডালাইমের খাঁচাসহ নলটির ওজন লওয়া হয়। এইবার কর্কটি খুলিয়া মোমবাতিটি জ্বালান হয় এবং তাড়াতাড়ি নলের মধ্যে ঢুকাইয়া কর্কটি বন্ধ করা হয়। মোমবাতির জ্বলা শেষ হইয়া যাইবার পর নলটিকে ঠাণ্ডা করিয়া আবার উহার ওজন লওয়া হয়। দেখা যায় যে, নলটির ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। মোমবাতি পুড়িয়া শেষ হইয়া যাওয়ায় মনে হইতে পারে ওজন কমিয়া যাইবে। ওজন বাড়িয়া যাইবার কারণ হইল মোমবাতি জ্বলিবার ফলে যে-জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা তারজালির মধ্যস্থিত সোডালাইম শোষণ করিয়া লয়। মোমবাতি কার্বন এবং হাইড্রোজেনের যৌগ বলিয়া মোমবাতি জ্বলিবার সময় অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প তৈয়ারী করে। এই সংযুক্ত অক্সিজেনের জন্য ওজন বৃদ্ধি হয়। বাতাস হইতে গৃহীত অক্সিজেনের ভর বৃদ্ধিপ্রাপ্ত ভরের সমান (চিত্র 2.4)।



চিত্র 2.4 পার্টিংটনের পরীক্ষা

5. অঙ্গার প্রজ্বলন পরীক্ষা : একটি বড় কাচের ফ্লাস্কের মুখ একটি রবারের ছিপির দ্বারা শক্তভাবে বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। ছিপিটিতে দুইটি ছিদ্র থাকে। একটি ছিদ্র দিয়া একটি তামার চামচ (চিত্র 2.5) প্রবেশ করান থাকে। এই চামচটির বহিঃপ্রান্ত তামার তারদ্বারা যুক্ত। আরেকটি ছিদ্র দিয়া একটি তামার তার প্রবেশ করাইয়া তামার চামচের সন্নিকটে রাখা হয়। তামার চামচে বিশুদ্ধ অঙ্গার রাখা থাকে। চামচটিকে প্লাটিনামের তার দ্বারা অপর তারের সহিত সংযুক্ত রাখা হয়। ফ্লাস্কটি অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া তার, চামচ এবং অঙ্গারসহ ফ্লাস্কটির ওজন লওয়া হয়। তামার তার দুইটি এইবার তড়িৎকোষের সহিত সংযুক্ত করিলে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইয়া প্লাটিনাম তারকে অগ্নিতপ্ত করিবে এবং চামচের অঙ্গার ফ্লাস্কের ভিতরে অবস্থিত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জ্বলিয়া উঠিবে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করিবে। এইবার ফ্লাস্কটিকে



চিত্র 2.5 অঙ্গার প্রজ্বলন পরীক্ষা

ঠাণ্ডা করিয়া আবার ওজন করিলে দেখা যাইবে ফ্লাস্কের আগের ওজন এবং পরের ওজন একই আছে। অঙ্গার পুড়িয়া যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইল তাহা ফ্লাস্কের মধ্যেই থাকিয়া যাওয়ার ফলে ওজনের কোনও তারতম্য হয় নাই (চিত্র 2.5)।

2. স্থিরানুপাত সূত্র (প্রাউস্ট, 1799) : একটি নির্দিষ্ট রাসায়নিক যৌগের বিভিন্ন নমুনা (বিভিন্ন উৎস হইতে প্রাপ্ত) সর্বদা একই মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং যৌগটিতে সেই সকল মৌলিক পদার্থগুলির ভরের অনুপাত সর্বদাই স্থির।

অথবা, **বিভিন্ন উৎস হইতে প্রাপ্ত একই যৌগ একই মৌল দ্বারা গঠিত এবং যৌগটিতে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত স্থির।**

ব্যাখ্যা : জল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের যৌগ। ইহাতে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের ভরগত অনুপাত 1 : 8। জল যে-কোনও উৎস হইতেই সংগৃহীত হউক না কেন বিশুদ্ধ জলকে বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে, উহা হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত এবং উহাদের ভরগত অনুপাত 1 : 8.। সোডিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম এবং ক্লোরিন দ্বারা গঠিত। উহাদের ভরগত অনুপাত 23 : 35·5। যে-কোন উৎস হইতেই সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যাক্ না কেন, সর্বক্ষেত্রেই উহা সোডিয়াম এবং ক্লোরিন দ্বারা গঠিত হইবে এবং উহাতে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ভরগত অনুপাত 23 : 35·5 হইবে। কপার অক্সাইডে কপার এবং অক্সিজেন আছে। কপার নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে কালো কপার অক্সাইড পাওয়া যায়, আবার কপার কার্বনেটকেও উত্তপ্ত করিলে কালো কপার অক্সাইড পাওয়া যায়। এই দুই উৎস হইতে প্রাপ্ত অক্সাইডে কপার এবং অক্সিজেন থাকিবেই এবং উহাদের ভরগত অনুপাত একই হইবে।

আমরা নিঃশ্বাসের সহিত যে কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করি সেই কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, উভয়ই কার্বন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত এবং উভয়ক্ষেত্রেই কার্বন ও অক্সিজেনের ভরগত অনুপাত 3 : 8।

স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমান : নিম্নলিখিত তিন রকম উপায়ে কিউপ্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

1. বিশুদ্ধ কপারকে 1 : 1 নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটি বাষ্পীভূত করিলে সবুজ বর্ণের কপার নাইট্রেট লবণ পাওয়া যাইবে। এই কপার নাইট্রেটকে উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে কপার নাইট্রেট ভাঙিয়া কালো কিউপ্রিক অক্সাইড গঠন করিবে।

2. কপার নাইট্রেটের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে কপার কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পড়িবে। অতঃপর ইহাকে ছাঁকিয়া ভাল করিয়া ধৌত করিয়া উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।

3. কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড যুক্ত করা হইলে নীলাভ কপার হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়িবে। এই অধঃক্ষেপটিকে ধৌত করিয়া উত্তপ্ত করিলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড প্রস্তুত হইবে।

এইবার একটি পোর্সেলিন (Porcelain) বোটকে (ছোট নৌকার মত পাত্র) পরিষ্কার ও শুষ্ক করিয়া উহার সঠিক ওজন লওয়া হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না বোটটির ওজন স্থির হয় ততক্ষণ পরিষ্কার ও শুষ্ক করা হয়। তাহার পর প্রথম পদ্ধতিতে প্রস্তুত কিছুটা কিউপ্রিক অক্সাইড বোটের মধ্যে লইয়া আবার ওজন লওয়া হয়। চিত্রানুযায়ী (চিত্র 2.6) একটি দুই মুখ খোলা শক্ত কাচের দহন নল অনুভূমিকভাবে আটকান হয়। নলটির মুখ দুইটি কর্কদ্বারা বন্ধ করার ব্যবস্থা আছে। কর্ক দুইটির মধ্য দিয়া একটি করিয়া সরু কাচনল প্রবেশ করান থাকে। এইবার কিউপ্রিক অক্সাইডসহ নৌকাটি এই দহন নলের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া উহার দুইটি মুখ উল্লিখিত কর্কদ্বারা বন্ধ করা হয়। কর্ক দুইটির একটির কাচনলের মধ্য দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হয়। অপর নলটি জলীয় বাষ্প নির্গমনের নল হিসাবে কাজ করে। এইবার দহন নলটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। কিউপ্রিক অক্সাইড হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া লাল ধাতব কপারে পরিণত হয় এবং জলীয় বাষ্প নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়।



চিত্র 2.6 স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ

বিক্রিয়া সমাপ্ত হইলে, পোর্সেলিন বোটসহ দহন নলটিকে ঠাণ্ডা করা হয়। ঠাণ্ডা করার সময়েও হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা অব্যাহত রাখা হয়। এইবার কপারসহ পোর্সেলিন বোটটিকে বাহির করিয়া ডেসিকেটরে রাখিয়া শুষ্ক এবং ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লওয়া হয়। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করিবার জন্য বোটটি আবার দহননলে প্রবেশ করাইয়া হাইড্রোজেন প্রবাহে পুনরায় উত্তপ্ত করিয়া ওজন লওয়া হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না পরপর দুইটি ওজন একই হয় ততক্ষণ এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করা হয় (চিত্র 2.6)।

গণনা : ধরা যাক্, খালি পোর্সেলিন বোটের ওজন $=W_1$ gm

পোর্সেলিন বোট এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $=W_2$ gm

পোর্সেলিন বোট এবং কপারের ওজন $=W_3$ gm

কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $=(W_2-W_1)$ gm

ধাতব কপারের ওজন $=(W_3-W_1)$ gm

কিউপ্রিক অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন $=(W_2-W_1)-(W_2-W_1)$ gm

$=(W_2-W_3)$ gm

$\therefore$ কিউপ্রিক অক্সাইডে কপারের শতকরা ভাগ $=\frac{W_3-W_1}{W_2-W_1}\times 100$

" " অক্সিজেনের " " $\frac{W_2-W_3}{W_2-W_1}\times 100$

এইভাবে দ্বিতীয় ও তৃতীয় উপায়ে প্রস্তুত কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া একই ধরনের পরীক্ষা করিয়া কপার এবং অক্সিজেনের ভরের অনুপাত বাহির করিলে দেখা যাইবে যে, তিনটি ক্ষেত্রেই কপার এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত একই হইয়াছে। সুতরাং, স্থিরানুপাত সূত্র পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হইল।

[আইসোটোপ আবিষ্কার হইবার পর স্থিরানুপাত সূত্রটি সব সময়ে সত্য হয় না। একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট পরমাণুকে পরস্পরের আইসোটোপ বলে। যেমন, প্রকৃতিতে ক্লোরিনের দুইটি আইসোটোপ বর্তমান। একটি আইসোটোপের পারমাণবিক ওজন 35 এবং অপরটির 37। পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন হইলেও পারমাণবিক সংখ্যা একই থাকায় উহাদের রাসায়নিক ধর্ম একই। সুতরাং 35 পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট ক্লোরিন হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া যে হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করিবে, তাহার রাসায়নিক ধর্ম 37 পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট ক্লোরিন-কর্তৃক গঠিত হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক ধর্মের সঙ্গে হুবহু মিলিয়া যাইবে। কিন্তু প্রথমটিতে হাইড্রোজেনের ভর : ক্লোরিনের ভর =1 : 35 এবং দ্বিতীয়টিতে হাইড্রোজেনের ভর : ক্লোরিনের ভর=1 : 37। সুতরাং, দেখা যাইবে, একই রাসায়নিক পদার্থ গঠনকারী মৌলগুলির ভরগত অনুপাত পৃথক হইতেছে। এই ধরনের উদাহরণ আরও অনেকগুলি যৌগের ক্ষেত্রে দেওয়া সম্ভব। তবে প্রকৃতিতে আইসোটোপগুলির অনুপাত নির্দিষ্ট হওয়ায় আপাতভাবে এই সূত্রটি সত্য বলিয়া প্রতিভাত হয়। আবার স্থিরানুপাত সূত্র বিপরীতভাবে সত্য নয়। একটি উদাহরণ দিলে ইহা বুঝা যাইবে। ইথাইল অ্যালকোহল এবং ডাই-মিথাইল ইথার নামক ভিন্ন ধর্মের দুইটি যৌগ আছে। দুইটি যৌগই কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন মৌল দ্বারা গঠিত এবং উভয় যৌগে এই মৌলগুলির ভরগত অনুপাত 12 : 3 : 8। সুতরাং মৌলিক উপাদানগুলির ভরগত অনুপাত একই হইলে একই যৌগ নির্দেশ না-ও করিতে পারে। প্রথম ঘটনা আইসোটোপ-এর জন্য ঘটে। দ্বিতীয় ঘটনাটি যে-জন্য ঘটে তাহা হইল 'আইসোমারিজম' বা 'সমাবয়বতা'। আইসোটোপ এবং আইসোমারিজম সম্বন্ধে পরে বিস্তারিত আলোচনা করা হইবে।]

গুণানুপাত সূত্র (ডালটন, 1803) : দুইটি মৌলিক পদার্থ পরস্পর যুক্ত হইয়া দুইটি অথবা ততোধিক যৌগ গঠন করিলে, মৌল দুইটির একটির নির্দিষ্ট ভরের সঙ্গে অপর মৌলটির যে-যে-ভর যুক্ত হয় সেই ভরগুলি পরস্পর ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে বর্তমান থাকে।

ব্যাখ্যা : হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া জল এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নামে দুইটি যৌগ গঠন করে।

তাহাদের বিশ্লেষণের ফল নিম্নে দেওয়া হইল :

যৌগের নাম	মৌলিক উপাদানের ভরের অনুপাত (গ্রাম)		
	হাইড্রোজেন : অক্সিজেন		হাইড্রোজেন : অক্সিজেন
জল	2·016 : 16	অথবা	1·008 : 8
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড	2·016 : 32	"	1·008 : 16
আবার অক্সিজেনের ওজন স্থির রাখিয়া—			
জল	2·016 : 16	"	2·016 : 16
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড	2·016 : 32	"	1·008 : 16

যৌগ দুইটিতে 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় এমন অক্সিজেনের পরিমাণ যথাক্রমে 8 গ্রাম ও 16 গ্রাম অর্থাৎ অক্সিজেনের ওজন দুইটির অনুপাত 8 : 16 বা 1 : 2। ইহা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরলানুপাত অথবা 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় যে বিভিন্ন পরিমাণ হাইড্রোজেন তাহাদের ভরের অনুপাত=2·016 : 1·008=2 : 1। ইহাও একটি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।

(2) নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া পাঁচটি অক্সাইড গঠন করে। তাহাদের বিশ্লেষণের ফল নিম্নে দেওয়া হইল :

যৌগ	মৌলিক উপাদানের গ্রামে প্রকাশিত ভরের অনুপাত		
	নাইট্রোজেন : অক্সিজেন		নাইট্রোজেন : অক্সিজেন
(a) নাইট্রাস অক্সাইড	28 : 16	অথবা	14 : 8
(b) নাইট্রিক অক্সাইড	14 : 16	"	14 : 16
(c) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	28 : 48		14 : 24
(d) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	14 : 32	"	14 : 32
(e) নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড	28 : 80	"	14 : 40

অতএব, বিভিন্ন অক্সাইডে 14 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে যে ভরের অক্সিজেন যুক্ত হয় সেই ভরগুলির অনুপাত 8 : 16 : 24 : 32 : 40 অথবা 1 : 2 : 3 : 4 : 5। ইহা পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।

(3) কার্বন এবং অক্সিজেন যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন মনোক্সাইড দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে। তাহাদের বিশ্লেষণের ফল নিম্নে দেওয়া হইল :

যৌগ	মৌলিক উপাদানের গ্রামে প্রকাশিত ভরের অনুপাত		
	কার্বন : অক্সিজেন		কার্বন : অক্সিজেন
কার্বন ডাই-অক্সাইড	12 : 32	অথবা	12 : 32
কার্বন মনোক্সাইড	12 : 16	"	12 : 16
আবার,			
কার্বন ডাই-অক্সাইড	12 : 32	"	6 : 16
কার্বন মনোক্সাইড	12 : 16	"	12 : 16

নির্দিষ্ট 12 গ্রাম কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ভরের অনুপাত 32 : 16, অথবা 2 : 1, অথবা 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত কার্বনের বিভিন্ন ভরের অনুপাত 6 : 12, অথবা 1 : 2। ইহারা ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে রহিয়াছে।

4. কার্বন ও হাইড্রোজেন বিভিন্ন প্রকার যৌগ গঠন করে। তাহাদের মধ্যে মিথেন, ইথেন, অ্যাসিটিলিন, অথবা ইথিলিনের রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিলে আমরা নিম্নলিখিত ফল পাই :

যৌগ	মৌলিক উপাদানের গ্রামে প্রকাশিত ভরের অনুপাত						
	কার্বন	:	হাইড্রোজেন		কার্বন	:	হাইড্রোজেন
মিথেন	12	:	4	অথবা	12	:	4
ইথেন	24	:	6	”	12	:	3
ইথিলিন	24	:	4	”	12	:	2
অ্যাসিটিলিন	24	:	2	”	12	:	1
আবার,							
মিথেন	12	:	4	”	3	:	1
ইথেন	24	:	6	”	4	:	1
ইথিলিন	24	:	4	”	6	:	1
অ্যাসিটিলিন	24	:	2	”	12	:	1

প্রথম ক্ষেত্রে 12 গ্রাম কার্বনের সঙ্গে যে-সকল ভরের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় তাহাদের অনুপাত 4 : 3 : 2 : 1 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে 1 গ্রাম পরিমাণ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যে-যে-পরিমাণ কার্বন যুক্ত হয় তাহাদের অনুপাত 3 : 4 : 6 : 12 ; উভয় ক্ষেত্রেই অনুপাতগুলি পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।

5. লৌহ (Iron) ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুই রকম যৌগ দেয়, একটি ফেরাস ক্লোরাইড, অপরটি ফেরিক ক্লোরাইড। তাহাদের রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিলে নিম্নরূপ ফল পাওয়া যায় :

যৌগ	মৌলিক উপাদানগুলির গ্রামে প্রকাশিত ওজনের অনুপাত						
	আয়রন	:	ক্লোরিন		আয়রন	:	ক্লোরিন
(a) ফেরাস ক্লোরাইড	56	:	71	অথবা	28	:	35·5
(b) ফেরিক ক্লোরাইড	56	:	106·5		$\frac{56}{3}$	:	35·5

লৌহের 56 গ্রামের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ভর দুইটির অনুপাত 71 : 106·5=2 : 3, ইহা পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত। অনুরূপভাবে 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত লৌহের ভরের অনুপাত 28 : $\frac{56}{3}$ অর্থাৎ 3 : 2 ; ইহাও সরল অনুপাত।

গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ : কপারের দুই রকমের অক্সাইড পাওয়া যায়। একটির নাম কিউপ্রাস অক্সাইড এবং অপরটির নাম কিউপ্রিক

অক্সাইড। এই অক্সাইড দুইটি উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ধাতব কপার উৎপন্ন করিতে পারে। দুইটি পোর্সেলিন বোট লওয়া হয়। বোট দুইটিকে পরিষ্কার এবং শুষ্ক করিয়া পৃথকভাবে ওজন লওয়া হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না স্থির ওজন পাওয়া যায় ততক্ষণ পরিষ্কার এবং শুষ্ক করা হয়। ধরা যাক, একটি বোটের নাম 1 নং বোট এবং অপরটির নাম 2 নং বোট। অল্পপরিমাণ কালো কিউপ্রিক অক্সাইড 1 নং বোটে লইয়া ওজন করা হয়। তারপর একটি দহন নলে (2.6 নং চিত্র) 1 নং বোটটি রাখিয়া অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের আবহাওয়ায় বোটটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। কিউপ্রিক অক্সাইড হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ধাতব কপার ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। জলীয় বাষ্প নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। বিক্রিয়াটি সমাপ্ত হইলে উত্তাপ বন্ধ করিয়া উৎপন্ন কপারকে হাইড্রোজেনের আবহাওয়ায় ঠাণ্ডা করা হয়। সম্পূর্ণ ঠাণ্ডা হইয়া যাইবার পর কপারসহ বোটটিকে আবার ওজন করা হয়। যতক্ষণ না কপারসহ বোটের ওজন স্থির হয় ততক্ষণ হাইড্রোজেন আবহাওয়ায় বোটটিকে উত্তপ্ত করিতে হয়। পরপর দুইটি ওজন একই হইলে বুঝিতে হইবে যে, বিক্রিয়াটি সমাপ্ত হইয়াছে।

2 নং বোটে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড লইয়া একই পরীক্ষা করা হয়। পরীক্ষার গণনা নিম্নে দেওয়া হইল :

বোট নং 1

ধরা যাক, খালি বোটের ভর $=W_1$ গ্রাম

কিউপ্রিক অক্সাইডসহ বোটের ভর $=W_2$ গ্রাম

ধাতব কপারসহ বোটের ভর $=W_3$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের ভর $=(W_3-W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ভর $=(W_2-W_3)$ গ্রাম

সুতরাং কিউপ্রিক অক্সাইডে (W_2-W_3) গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় (W_3-W_1) গ্রাম কপারের সঙ্গে

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\left(\frac{W_3-W_1}{W_2-W_3}\right)$ গ্রাম কপারের সঙ্গে

ধরা যাক, $\frac{W_3-W_1}{W_2-W_3}$ গ্রাম $=x$ গ্রাম

বোট নং 2

ধরা যাক, খালি বোটের ভর $=a$ গ্রাম

কিউপ্রাস অক্সাইডসহ বোটের ভর $=b$ গ্রাম

ধাতব কপারসহ বোটের ভর $=c$ গ্রাম

ধাতব কপারের ভর $=(c-a)$ গ্রাম

কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ভর $=(b-c)$ গ্রাম

কিউপ্রাস অক্সাইডে $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $(c-a)$ গ্রাম কপারের সঙ্গে

" " 1 " " " " $\left(\frac{c-a}{b-c}\right)$ " " "

ধরা যাক, $\frac{c-a}{b-c}$ গ্রাম$=y$ গ্রাম

উভয় ক্ষেত্রে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত কপারের ভর যথাক্রমে x গ্রাম এবং y গ্রাম। বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, $x:y=1:2$। ইহা পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত। সুতরাং এই পরীক্ষা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

গুণানুপাত সূত্রেরও ব্যতিক্রম দেখা যায়। এই সূত্রের 2 নং উদাহরণে নাইট্রোজেনের ভর স্থির রাখিয়া অক্সিজেনের যে-ভরগুলি পাওয়া যায় তাহাদের অনুপাত 1 : 2 : 3 : 4 : 5, কিন্তু অক্সিজেনের ভর স্থির রাখিলে নাইট্রোজেনের যে ওজনগুলি পাওয়া যায় তাহাদের অনুপাত যথাক্রমে, 60 : 30 : 20 : 15 : 12 যাহা মোটেই ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার অনুপাত নহে। আবার যদি দুইটি মৌল যুক্ত হইয়া প্রচুর সংখ্যার যৌগ গঠন করে এবং যৌগগুলি জটিল প্রকৃতির হয়, সেই ক্ষেত্রে, গুণানুপাত সূত্রের ব্যতিক্রম ঘটে।

যেমন, কার্বন এবং হাইড্রোজেনের যৌগের ক্ষেত্রে। কম পরিমাণ কার্বন এবং হাইড্রোজেন আছে এমন যৌগের ক্ষেত্রে গুণানুপাত সূত্র প্রযুক্ত হইলেও বেশি পরিমাণ কার্বন এবং হাইড্রোজেন আছে এমন যৌগে গুণানুপাত সূত্রটি প্রযুক্ত হয় না।

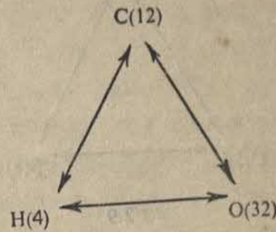
আবার যৌগগুলিতে উপাদান মৌলগুলির একই আইসোটোপ না থাকিলেও সূত্রটি প্রযুক্ত হয় না। আমাদের মনে রাখা উচিত, exceptions prove the law অর্থাৎ ব্যতিক্রম নিয়মকে বা সূত্রকে প্রমাণ করে। কয়েকটি ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম লক্ষ্য করা গেলেও অধিকাংশ ক্ষেত্রে এই সূত্র সত্য।

মিথানুপাত সূত্র বা তুল্যাঙ্কভার সূত্র (রিক্টার, 1792): যদি একাধিক মৌলিক পদার্থ অপর একটি মৌলিক পদার্থের স্থির ওজনের সহিত পৃথক পৃথক ভাবে যুক্ত হইয়া পৃথক পৃথক যৌগ গঠন করে তবে ঐ মৌলিক পদার্থগুলি নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া যৌগ গঠনকালে, যে বিভিন্ন ওজনে নির্দিষ্ট মৌলটির স্থির ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছিল, সেই বিভিন্ন ওজনের অনুপাতে বা ঐ সকল ওজনের সরল গুণিতকের বা অবগুণিতকের অনুপাতে **(multiple or sub-multiple)** সংযুক্ত হইবে।

ব্যাখ্যা: ধরা যাক্, মৌল A এবং B, C মৌলের সঙ্গে পৃথকভাবে যুক্ত হইয়া X এবং Y দুইটি যৌগ দেয় এবং A-এর a গ্রাম C-এর c গ্রামের সঙ্গে এবং B-এর b গ্রাম C-এর c গ্রামের সঙ্গে যুক্ত হয়। সুতরাং C-এর c-গ্রামের সঙ্গে যুক্ত A এবং B-এর ভরের অনুপাত $a:b$। মিথানুপাত সূত্রানুযায়ী A এবং B যৌগ গঠন

করিলে যে অনুপাতে যুক্ত হইবে তাহা হইল $a : b$ অথবা $ma : nb$; যেখানে m এবং n ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যা বা ক্ষুদ্র ভগ্নাংশ।

(1) হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। আবার হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া জল এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

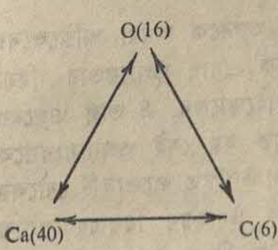


চিত্র 2.7

মিথেন-এ 12 গ্রাম কার্বন 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 16 গ্রাম মিথেন উৎপন্ন করে। আবার কার্বন ডাই-অক্সাইডে 12 গ্রাম কার্বন 32 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। অতএব, 12 গ্রাম কার্বনের সঙ্গে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন যে ওজন অনুপাতে যুক্ত হয় তাহা হইল 4 : 32 অর্থাৎ 1 : 8।

জলে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। সুতরাং জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 2 : 16=1 : 8। আবার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন 32 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 34 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 2 : 32=1 : 16 অর্থাৎ, 1 : 8×2। এখানে $m=1$; $n=2$ সুতরাং এই দুইটি ঘটনা মিথানুপাত সূত্রকে সিদ্ধ করিতেছে (চিত্র 2.7)।

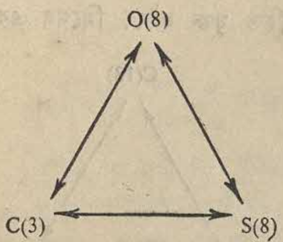
(2) ক্যালসিয়াম এবং কার্বন পৃথকভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুইটি যৌগ গঠন করে—ক্যালসিয়াম অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড। ক্যালসিয়াম অক্সাইডে 40 গ্রাম ক্যালসিয়াম 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডে 6 গ্রাম কার্বন 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। সুতরাং এই যৌগ দুইটিতে 16 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় যে-পরিমাণ ক্যালসিয়াম এবং কার্বন তাহাদের অনুপাত 40 : 6 অর্থাৎ 20 : 3। আবার ক্যালসিয়াম কার্বাইডে ক্যালসিয়াম ও কার্বনের ওজনের অনুপাত 40 : 24 অর্থাৎ 20 : 12=20×1 : 4×3। এখানে $m=1$ এবং $n=4$; সুতরাং ইহা মিথানুপাত সূত্রকে অনুসরণ করিতেছে (চিত্র 2.8)।



চিত্র 2.8

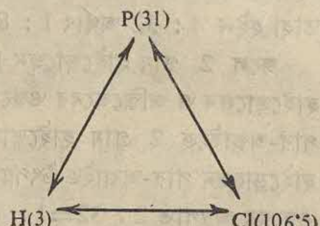
(3) কার্বন ও সালফার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গঠন করে। আবার কার্বন ও সালফার যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড যৌগ গঠন করে। প্রথম ক্ষেত্রে 8 গ্রাম অক্সিজেন 3 গ্রাম কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে 8 গ্রাম অক্সিজেন 8 গ্রাম সালফারের

সঙ্গে যুক্ত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গঠন করে। সুতরাং এই যৌগ দুইটিতে 8 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত কার্বন ও সালফারের ওজনের অনুপাত 3 : 8। কার্বন ডাই-সালফাইডে কার্বন ও সালফারের ওজনের অনুপাত 3 : 16 অর্থাৎ $3 \times 1 : 8 \times 2$; এখানে $m=1$ এবং $n=2$, সুতরাং ইহা মিথানুপাত সূত্র অনুসারী (চিত্র 2.9)।



চিত্র 2.9

(4) 31 গ্রাম ফসফরাস 106·5 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন করে। 31 গ্রাম ফসফরাস 3 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ফসফিন গঠন করে। 31 গ্রাম ফসফরাসের সঙ্গে এই দুইটি যৌগে যে-যে-ওজনের হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন যুক্ত হয় তাহার অনুপাত 3 : 106·5 বা 1 : 35·5। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরস্পরের সংযুক্তিকালে এই অনুপাতে যুক্ত হইবে অথবা ইহার সরল গুণিতকের বা অবগুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হইবে। বাস্তবক্ষেত্রে হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের ওজনগত অনুপাত হইল 1 : 35·5 অর্থাৎ $1 \times 1 : 35{\cdot}5 \times 1$ যখন $m=1, n=1$; সুতরাং ইহা মিথানুপাত সূত্রকে সমর্থন করিতেছে (চিত্র 2.10)।



চিত্র 2.10

মিথানুপাত সূত্রকে অনেক সময় তুল্যাঙ্কভার সূত্রও বলে। ইহা বুঝিতে হইলে মৌলের তুল্যাঙ্কভার কাহাকে বলে তাহা জানিতে হইবে।

তুল্যাঙ্কভার ঃ হাইড্রোজেনের 1·008 ভাগ ওজনকে অথবা অক্সিজেনের 8 ভাগ ওজনকে অথবা ক্লোরিনের 35·46 ভাগ ওজনকে প্রমাণ তুল্যাঙ্কভার ধরিয়া কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয় সেই ওজন সংখ্যাকে সেই মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলে। সুতরাং বিভিন্ন যৌগে উপস্থিত প্রত্যেকটি মৌলের নির্দিষ্ট তুল্যাঙ্কভার আছে। সোডিয়াম ক্লোরাইডকে উদাহরণ হিসাবে লইলে 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়। সুতরাং সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 23। অনুরূপভাবে মিথেনে 12 ভাগ ওজনের কার্বন $(4 \times 1{\cdot}008)$ ভাগ ওজন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় অর্থাৎ 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে 3 ভাগ ওজনের কার্বন যুক্ত হয়। সুতরাং মিথেনে কার্বনের তুল্যাঙ্কভার 3। ক্যালসিয়াম-অক্সাইডে 40 গ্রাম ক্যালসিয়াম 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 56 গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে। অর্থাৎ এই যৌগে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে 20 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম যুক্ত হয়। সুতরাং ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 20।

এখন উপরে প্রদত্ত মিথানুপাত সূত্রের বিভিন্ন উদাহরণ লইয়া আলোচনা করা যাক। 1 নং উদাহরণে আমরা দেখিতে পাই যে, মিথানুপাত সূত্র অনুযায়ী 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া জল গঠন করিবে। আবার সংজ্ঞানুযায়ী এই যৌগে হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার 1·008 এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার 8 ; সুতরাং এই বিক্রিয়াটি বিক্রিয়ক মৌলগুলির তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে সম্পন্ন হইয়াছে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ক্ষেত্রে 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিবে। তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞানুযায়ী এই যৌগে অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার 16 (হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার 1·008 ধরিয়া) অথবা হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার 0·5 (অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার 8 ধরিয়া)। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত 1·008 : 16। ইহা এই যৌগে বিক্রিয়ক মৌলগুলির তুল্যাঙ্কভার অনুপাতের সমান।

2 নং উদাহরণে আমরা পাই যে, মিথানুপাত সূত্রানুযায়ী 20 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম 12 ভাগ ওজনের কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম কার্বাইড গঠন করিবে। এই যৌগে ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 20 এবং কার্বনের তুল্যাঙ্কভার 12 (তুল্যাঙ্কভার অধ্যায়ে ইহার কারণ আরও ভালভাবে বুঝা যাইবে)। সুতরাং এই বিক্রিয়াটি বিক্রিয়ক মৌলগুলির তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে সম্পন্ন হয়।

3 নং উদাহরণে আমরা পাই যে, মিথানুপাত সূত্রানুযায়ী কার্বন ডাই-সালফাইডে 3 ভাগ ওজনের কার্বন 16 ভাগ ওজনের সালফারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড গঠন করিবে। কার্বন ডাই-সালফাইডে কার্বনের তুল্যাঙ্কভার 3 এবং সালফারের তুল্যাঙ্কভার 16। সুতরাং এই বিক্রিয়া বিক্রিয়ক মৌলগুলির তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে সম্পন্ন হইয়াছে।

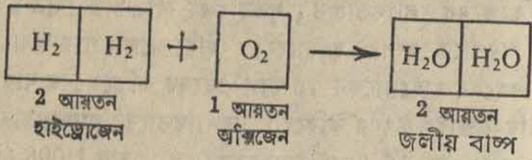
4 নং উদাহরণে মিথানুপাত সূত্রানুযায়ী 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করিবে। হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার 1 (এক) এবং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5। সুতরাং এই বিক্রিয়াটি বিক্রিয়ক মৌলগুলির তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে সম্পন্ন হয়।

অতএব, আমরা বলিতে পারি যে, রাসায়নিক বিক্রিয়া বিক্রিয়ক মৌলগুলির তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে সম্পন্ন হয় এবং এই অনুপাত প্রত্যক্ষভাবে মিথানুপাত সূত্র হইতে পাওয়া যায়। তাই মিথানুপাত সূত্রের অপর নাম তুল্যাঙ্কভার সূত্র।

গ্যাস আয়তন সূত্র (গে লুসাক, 1808) : সমচাপ ও তাপমাত্রায় দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থ বিক্রিয়া করিয়া যদি গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন করে তাহা হইলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন এবং বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনগুলি সর্বদা ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে থাকিবে।

উদাহরণ :

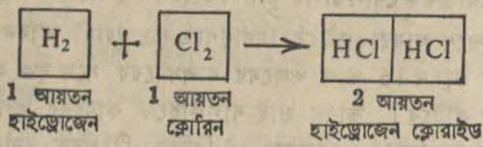
(1) বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে, একই উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। অর্থাৎ 200 c. c. হাইড্রোজেন 100 c. c. অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া



চিত্র 2.11

করিয়া 200 c. c. জলীয় বাষ্প তৈয়ারী করে। অতএব হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং স্টীমের আয়তনের অনুপাত 2 : 1 : 2। ইহা ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত (চিত্র 2.11)।

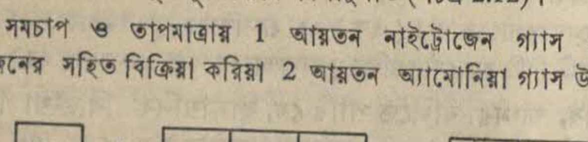
(2) একই চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে (100 c. c. হাইড্রোজেন + 100 c. c. ক্লোরিন → 200 c. c. HCl). সুতরাং



চিত্র 2.12

হাইড্রোজেন, ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের আয়তনের অনুপাত 1 : 1 : 2 ; ইহা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরলানুপাত (চিত্র 2.12)।

(3) সমচাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস 3 আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে।



চিত্র 2.13

(100 c. c. নাইট্রোজেন + 300 c. c. হাইড্রোজেন → 200 c. c. অ্যামোনিয়া)। এ ক্ষেত্রে গ্যাসগুলির আয়তনের অনুপাত যথাক্রমে, 1 : 3 : 2 ; ইহা একটি পূর্ণসংখ্যার সরলানুপাত (চিত্র 2.13)।

ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব : পদার্থের গঠন সম্পর্কে জন ডালটন (1803) নিম্নলিখিত তত্ত্বগুলি প্রদান করেন :

(i) সকল পদার্থই অতি ক্ষুদ্র, নিরেট এবং অবিভাজ্য কণাদ্বারা গঠিত। এই অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম কণাকে বলা হয় পরমাণু (Atom)। তিনি মৌলের পরমাণুগুলিকে মৌলিক পরমাণু এবং যৌগের পরমাণুকে যৌগিক পরমাণু আখ্যা দেন।

(ii) পরমাণুগুলি (Atoms) অবিভাজ্য এবং কোনও রাসায়নিক পরিবর্তনে পরমাণু-গুলিকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না।

(iii) প্রত্যেক প্রকার পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট।



চিত্র 2.14 জন ডালটন

(iv) একই মৌলের পরমাণুগুলির ওজন, রাসায়নিক ধর্ম এবং ভৌত ধর্ম এক।

(v) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে, রাসায়নিক ধর্মে এবং ভৌত ধর্মে বিভিন্ন।

(vi) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। যেমন, 1 : 1, 1 : 2, 2 : 3, 3 : 1 ইত্যাদি।

ডালটনের পরমাণুবাদ ও রাসায়নিক সংযোগ সূত্র : গ্যাসায়তন সূত্র ছাড়া আর চারিটি সূত্রই ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

1. ভরের নিত্যতা সূত্র : ডালটনের পরমাণুতত্ত্ব অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য এবং কোনও রাসায়নিক পরিবর্তনে পরমাণু সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। রাসায়নিক সংযোগে পরমাণুগুলির নির্দিষ্ট সমবায়ে নতুন যৌগের সৃষ্টি হয়। রাসায়নিক সংযোগের আগে এবং পরে পরমাণুর সংখ্যা একই থাকে। আবার ডালটনের তত্ত্ব অনুসারে, যেহেতু প্রত্যেক পরমাণুর নির্দিষ্ট ওজন থাকে সেইহেতু বিক্রিয়ার পূর্বে এবং পরে মোট ওজনের কোনও পরিবর্তন হয় না। ধরা যাক, A মৌলের m পরমাণু B মৌলের n পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া A_mB_n যৌগের একটি ক্ষুদ্র কণা সৃষ্টি করে। ধরি, A-র একটি পরমাণুর ওজন x গ্রাম এবং B-এর একটি পরমাণুর ওজন y গ্রাম। m সংখ্যক A এবং n-সংখ্যক B-এর ওজন $=(mx+ny)$ গ্রাম। যেহেতু বিক্রিয়ায় পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস হইতেছে না, সেইহেতু $A_m B_n$-এ A এবং B-এর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত $m : n$ হইবে এবং A_mB_n-এর ওজনও $(mx+ny)$ গ্রাম-এর সমান হইবে।

2. স্থিরানুপাত সূত্র : স্থিরানুপাত সূত্র হইল : কোনও নির্দিষ্ট যৌগ সর্বদা একই মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং মৌলিক পদার্থগুলির ওজনগত অনুপাত স্থির। ইহা ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব দ্বারা ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

ধরা যাক, A মৌলের m পরমাণু B মৌলের n পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া A_mB_n যৌগের একটি কণা গঠন করে। ধরি, A-র একটি পরমাণুর ওজন n গ্রাম এবং B-এর একটি পরমাণুর ওজন y গ্রাম। যেহেতু ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব অনুসারে পরমাণু সৃষ্টি বা ধ্বংস হইতে পারে না, সেইহেতু যৌগটিতে A এবং B-এর পরমাণুসংখ্যার অনুপাত $m : n$ হইবে। সুতরাং এই ক্ষেত্রে,

$$\frac{\text{A-এর ওজন}}{\text{B-এর ওজন}}=\frac{m\times x}{n\times y}=\text{ধ্রুবক [কারণ } m, n, x \text{ এবং } y \text{ প্রত্যেকে ধ্রুবক]}$$

ইহার অর্থ হইল, A_mB_n যৌগে A এবং B-এর ওজনগত অনুপাত নির্দিষ্ট।

3. গুণানুপাত সূত্র : (i) ধরা যাক, A এবং B দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া যথাক্রমে, AB, AB_2 এবং A_2B_3 যৌগ দেয়। আবার ধরা যাক, A এবং B-এর একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে, x গ্রাম এবং y গ্রাম।

∴ AB যৌগে

x গ্রাম A-এর সঙ্গে y গ্রাম B যুক্ত হয়।

AB_2 যৌগে

x গ্রাম A-এর সঙ্গে $2y$ গ্রাম B যুক্ত হয়।

A_2B_3 যৌগে

$2x$ গ্রাম A-এর সঙ্গে $3y$ গ্রাম যুক্ত হয়।

∴ x………$\frac{3}{2}y$………।

সুতরাং, x গ্রাম A-এর সঙ্গে পৃথক পৃথকভাবে যুক্ত B-এর ওজনের অনুপাত, $y : 2y : \frac{3}{2}y = 1 : 2 : \frac{3}{2} = 2 : 4 : 3$, ইহা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত। সুতরাং, ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা গুণানুপাত সূত্রকে প্রমাণ করা সম্ভব।

(ii) ধরা যাক, A মৌল B মৌলের সহিত সংযুক্ত হইয়া দুইটি যৌগ A_mB_n এবং A_aB_b গঠন করে। (m, n, a, b, A এবং B-এর পরমাণুর সংখ্যা নির্দেশ করিতেছে)। ধরা যাক A এবং B-এর পরমাণুর ওজন যথাক্রমে x গ্রাম এবং y গ্রাম। ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব অনুসারে A_mB_n বা A_aB_b যৌগ দুইটিতেও A এবং B-এর পারমাণবিক ওজন একই থাকিবে। A_mB_n যৌগে A মৌলের m পরমাণুর ওজন mx গ্রাম এবং B মৌলের n পরমাণুর ওজন ny গ্রাম। A_aB_b যৌগে A মৌলের a পরমাণুর ওজন ax গ্রাম এবং B মৌলের b পরমাণুর ওজন by গ্রাম।

A_mB_n যৌগে

mx গ্রাম A ny গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়

x " A $\frac{ny}{m}$ " " " " "

আবার A_aB_b যৌগে

ax গ্রাম A by গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়

∴ x " A $\frac{by}{a}$ " " " " "

B-এর যে-যে-ওজন পৃথকভাবে A-র x গ্রামের সঙ্গে যুক্ত হয় তাহাদের অনুপাত $\frac{ny}{m} : \frac{by}{a}$ অর্থাৎ $an : bm$

যেহেতু a এবং n উভয়ই ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যা, সুতরাং a এবং n-এর গুণফল একটি পূর্ণসংখ্যা হইবে। অনুরূপভাবে b এবং m-এর গুণফলও একটি পূর্ণসংখ্যা হইবে এবং $an : bm$ ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার অনুপাত হইবে। গুণানুপাত সূত্রে একই বক্তব্য পরিবেশন করা হইয়াছে।

(4) মিথানুপাত সূত্র :

(i) ধরা যাক, A, B, C তিনটি মৌল। তাহাদের এক একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে a গ্রাম, b গ্রাম, c গ্রাম এবং A B-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া A_yB_x, A C-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া A_zC_x যৌগ দেয়

$\therefore$ ay গ্রাম A bx গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়

1 „ A $\frac{bx}{ay}$ „ B „ „ „

আবার, az „ A cx „ C „ „ „

1 „ A $\frac{cx}{az}$ „ „ „ „ „

B এবং C যখন যুক্ত হইবে তখন তাহাদের অনুপাত হইবে $\frac{bx}{ay} : \frac{cx}{az}$; অর্থাৎ, $bz : cy$ অথবা এই অনুপাতের গুণিতক বা অবগুণিতকে (submultiple) B এবং C যুক্ত হইবে।

ধরা যাক, m পরমাণু B, n পরমাণু C-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া B_nC_m যৌগ উৎপন্ন করে। এই যৌগে B এবং C-এর ওজনের অনুপাত$=mb : nc$ $=bz\times\frac{m}{z} : cy.\frac{n}{y}$, ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব অনুসারে m, n, z, y ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যা।

অতএব, এই অনুপাতটি$\left(bz\times\frac{m}{z} : cy.\frac{n}{y}\right)$, $bz : cy$-এর সমান অথবা ইহার গুণিতক বা অবগুণিতক হইবে।

(ii) ব্যাপারটিকে ভিন্নভাবেও উপস্থিত করা যায়। ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী আমরা জানি, মৌলের পরমাণু পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টি করে।

ধরা যাক, A, B এবং C তিনটি মৌলের পরমাণুর ওজন যথাক্রমে x গ্রাম, y গ্রাম এবং z গ্রাম। A মৌলের একটি পরমাণু B মৌলের 2টি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া AB_2 যৌগ কণা সৃষ্টি করিল। A মৌলে 2টি পরমাণু C মৌলের 3টি পরমাণুর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া A_2C_3 যৌগ কণা গঠন করিল। আবার B মৌলের

3টি পরমাণু C মৌলের 4টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া B_3C_4 যৌগ কণা গঠন করিল। সুতরাং AB_2 যৌগে—x গ্রাম A $2y$ গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়াছে।

A_2C_3 যৌগে x গ্রাম A $\frac{3z}{2}$ গ্রাম C-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়াছে।

B_3 C_4 যৌগে $3y$-এর গ্রাম B $4z$ গ্রাম C-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়াছে। মিথানুপাত সূত্রানুসারে B এবং C নিজেদের মধ্যে $2y : \frac{3z}{2}$ অনুপাতে অথবা এই অনুপাতের গুণিতকে বা অবগুণিতকে যুক্ত হওয়া উচিত। B_3C_4 যৌগে B ও C-এর ওজনের অনুপাত $3y : 4z$ অর্থাৎ $2y \times \frac{3}{2} : \frac{3z}{2} \times \frac{8}{3}$। সুতরাং B_3 C_4 যৌগের ক্ষেত্রে B এবং C মৌল $2y : \frac{3z}{2}$ অনুপাতের অবগুণিতকে যুক্ত হইয়া যৌগটি সৃষ্টি করিয়াছে। সুতরাং ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব হইতে মিথানুপাত সূত্র প্রমাণিত হইল।

(iii) ধরা যাক, A, B এবং C তিনটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া AB এবং AC দুইটি যৌগ গঠন করিল। অর্থাৎ AB যৌগের একটি অণুতে একটি করিয়া A ও B-এর পরমাণু বর্তমান এবং AC যৌগের একটি অণুতে একটি করিয়া A ও C-এর পরমাণু বর্তমান। আবার ধরা যাক, B-এর m সংখ্যক পরমাণু C-এর n সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া B_m C_n যৌগ উৎপাদন করে। A, B এবং C-এর একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে, x গ্রাম, y গ্রাম এবং z গ্রাম হইলে

AB যৌগে

x গ্রাম A y গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়

AC যৌগে

x গ্রাম A z গ্রাম C-এর সঙ্গে যুক্ত হয়

B_m C_n যৌগে

my গ্রাম B nz গ্রাম C-এর সঙ্গে যুক্ত হয়

ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব অনুসারে পরমাণুগুলি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। অতএব m এবং n ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যা। সুতরাং my, y-এর সরল গুণিতক এবং nz, z-এর সরল গুণিতক। সুতরাং মিথানুপাত সূত্র ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

ডালটনের পরমাণুবাদের উপর সংক্ষিপ্ত আলোচনা : ডালটনের অণুর (molecule) সম্বন্ধে কোনও ধারণা ছিল না। যৌগের ক্ষুদ্রতম কণাকে তিনি যৌগিক পরমাণু বলিতেন। গ্যাসায়তন সূত্র ডালটনের তত্ত্বের দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না। আধুনিক পারমাণবিক তত্ত্বের আলোকে ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বকে যদি পরীক্ষা করা যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব সম্পূর্ণ ঠিক নহে। ডালটনের মতবাদ অনুসারে পরমাণুকে ভাঙা সম্ভব নহে। কিন্তু তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কারের পর দেখা গিয়াছে যে, কতকগুলি মৌলের পরমাণু, যেমন, ইউরেনিয়াম, রেডিয়াম ইত্যাদি মৌলের পরমাণু স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভাঙিয়া সরল পরমাণুতে রূপান্তরিত হয়। আবার তেজস্ক্রিয় কণার দ্বারা স্থায়ী মৌলের পরমাণুকে আঘাত করিয়া সরল পরমাণুতে রূপান্তরিত করা

যায়। বর্তমানে ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, পরমাণু মুখ্যত ইলেকট্রন (electron), প্রোটন (proton) এবং নিউট্রন নামক কতকগুলি মৌলিক কণা দ্বারা গঠিত। ডালটন বলিয়াছিলেন যে, একই মৌলের সকল পরমাণুর ওজন একই। আইসোটোপ (Isotope) এবং আইসোবার (Isobar) আবিষ্কারে এই ধারণাও ভুল বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে। যেমন, একই মৌল ক্লোরিনের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজন (35,37) বিশিষ্ট পরমাণু বর্তমান। আবার দুইটি ভিন্ন মৌলের পরমাণুর ওজন একই হইতে পারে। যেমন এক রকমের কার্বন পরমাণু আছে যাহার পারমাণবিক ওজন নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজনের সমান (C^{14}, N^{14})। এতদ্‌সত্ত্বেও ডালটনের পরমাণুবাদের গুরুত্ব অপরিসীম। বলা যাইতে পারে অনেকাংশে সঠিক হইলেও ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব ছিল অসম্পূর্ণ। ডালটনই প্রথমে বৈজ্ঞানিক ভিত্তিতে পদার্থের গঠন সম্পর্কে সঠিক ধারণা দেন। ডালটনের পরমাণুতত্ত্বের ভিত্তিতে গ্যাসায়তন সূত্র ছাড়া রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলিকে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। একই মৌলের সকল পরমাণুর ওজন অভিন্ন—এই ধারণা পারমাণবিক ওজন সম্বন্ধে বিজ্ঞানী মহলে সাড়া জাগাইয়াছিল। পরমাণুই পদার্থের ক্ষুদ্রতম একক এই ধারণা চিহ্ন (Symbol), সঙ্কেত (formula) এবং রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical equation) প্রবর্তনে সহায়তা করিয়াছিল। রাসায়নিক সমীকরণ রাসায়নিক গণনায় প্রভূত সাহায্য করিয়াছিল।

পারমাণবিক গুরুত্ব (Atomic weight) : পরমাণু এতই ক্ষুদ্র কণা যে, পরমাণুর চরম ওজন পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করা একেবারেই অসম্ভব। আবার যদিও পরোক্ষভাবে কোনও মৌলের একটি পরমাণুর ওজন নির্ণয় করা সম্ভব, ইহা এতই ক্ষুদ্র যে, এই সংখ্যা গাণিতিক কাজে ব্যবহার করা কষ্টসাধ্য। উদাহরণ হিসাবে বলা যাইতে পারে, হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন $1{\cdot}66 \times 10^{-24}$ গ্রাম অথবা একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন $2{\cdot}6 \times 10^{-22}$ গ্রাম। এই কারণেই রসায়নবিজ্ঞানে যে-পারমাণবিক ওজন ব্যবহার করা হয় তাহা কোনও মৌলের পরমাণুর চরম ওজন নহে। পারমাণবিক ওজন বা পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে বুঝায় কোনও মৌলের পরমাণুর আপেক্ষিক ওজন, অর্থাৎ পারমাণবিক ওজন হইল কোনও মৌলের একটি পরমাণু নির্দিষ্ট কোনও মৌলের একটি পরমাণু অপেক্ষা কতগুণ ভারী। নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুর ওজনকে প্রমাণ হিসাবে ধরা হয়। হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা লঘু মৌলিক পদার্থ বলিয়া 1803 খ্রীস্টাব্দে জন ডালটন হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুকে একক (1) ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পরমাণুর আপেক্ষিক ওজনকে পারমাণবিক ওজন আখ্যা দেন। তাঁহার ধারণা ছিল, যেহেতু হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্কা মৌল, সেইহেতু অন্যান্য সকল মৌলের পারমাণবিক ওজন একের অধিক হইবে।

$$\therefore \text{ পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{কোনও মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$

যদি বলা হয় নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 14, ইহার অর্থ হইবে নাইট্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে 14 গুণ ভারী। মনে রাখিতে হইবে যে, পারমাণবিক ওজন যেহেতু দুইটি ওজনের অনুপাত, সুতরাং ইহা একটি সংখ্যা। ইহার কোনও একক নাই।

পারমাণবিক ওজনে অন্যান্য স্কেল (Scale) : যদিও ডালটন হাইড্রোজেনকে প্রমাণ ধরিয়া বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজনের কথা বলিয়াছিলেন তথাপি, অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে হাইড্রোজেন প্রমাণ হিসাবে ধরার কিছু অসুবিধা দেখা দেয়। সবচেয়ে বড় অসুবিধা হইল এই যে, হাইড্রোজেন বহু মৌলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে না। তা ছাড়া, হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনকে একক ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন গণনায় পারমাণবিক ওজনের মানে ত্রুটি দেখা দেয়।

এই কারণে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অক্সিজেনকে প্রমাণ ধরিয়া পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। অক্সিজেনের পরমাণুর ওজনকে 16 ধরা হয়। এই ভিত্তিতে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায় 1·008।

সুতরাং অক্সিজেনকে প্রমাণ হিসাবে ধরিয়া

$$\text{পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজনের } \frac{1}{16} \text{ অংশ}}$$

$$= \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন}} \times 16$$

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008। ইহার অর্থ হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা 1·008 গুণ ভারী। অনুরূপভাবে কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব 12·01, নাইট্রোজেনের 14·008, ক্লোরিনের 35·46।

অক্সিজেনকে প্রমাণ মৌল হিসাবে ধরিবার কারণ :

1. অন্যান্য মৌলের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা হাইড্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের অনেক বেশি।

2. অক্সিজেনকে প্রমাণ ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ত্রুটি অপেক্ষাকৃত কম। তাহার কারণ, হাইড্রোজেন অতিশয় হাল্কা মৌল বলিয়া পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে বেশি ত্রুটির সম্ভাবনা থাকে।

3. অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনকে 16 ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিলে দেখা যায় যে, পারমাণবিক ওজনগুলি পূর্ণসংখ্যার কাছাকাছি থাকে। হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে এইরূপ হয় না।

কিন্তু অক্সিজেন স্কেলেরও ত্রুটি দেখা দিল। প্রকৃতিতে যে-অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা তিনটি আইসোটোপের মিশ্রণ (16, 17, 18) এবং $O^{16}=16$-এর ভিত্তিতে অক্সিজেনের গড় পারমাণবিক ওজন হইল 16-এর পরিবর্তে 16·0044। যদিও বিভিন্ন

গণনায় অক্সিজেন স্কেলের উপযোগিতা প্রমাণিত হইল, তথাপি এই ত্রুটির জন্য একটি নূতন স্কেল চালু করা হইল। বর্তমানে অক্সিজেন স্কেলও সমানভাবে চালু আছে।

নূতন স্কেল বা কার্বন স্কেল : 1961 খ্রীস্টাব্দে এই স্কেল চালু করা হয়। এই স্কেলে কার্বনের (C^{12}) একটি পরমাণুর ওজনকে প্রমাণ ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। সুতরাং পারমাণবিক ওজনের বা গুরুত্বের আধুনিক সংজ্ঞা হইল : কোনও মৌলের একটি পরমাণু 12 পারমাণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট কার্বনের একটি পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশ অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই সংখ্যাই সেই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব। অর্থাৎ,

$$\text{পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{কার্বনের একটি } C^{12} \text{ পরমাণুর ওজনের } \frac{1}{12} \text{ অংশ}}$$

$$= \frac{\text{কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{কার্বনের একটি } C^{12} \text{ পরমাণুর ওজন}} \times 12$$

গ্রাম-পারমাণবিক ওজন বা গ্রাম পরমাণু : কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে **গ্রাম পারমাণবিক ওজন বা গ্রাম পরমাণু** বলে। যেমন, নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 14। 14 গ্রাম নাইট্রোজেন হইল এক গ্রাম পরমাণু নাইট্রোজেন বা 1 গ্রাম পারমাণবিক ওজন নাইট্রোজেন। অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16। সুতরাং এক গ্রাম পারমাণবিক ওজন অক্সিজেন বা এক গ্রাম পরমাণু অক্সিজেন বলিতে বুঝায় 16 গ্রাম অক্সিজেন। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে, যে-কোন মৌলের এক গ্রাম-পরমাণুতে মোট পরমাণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$। সুতরাং কোনও মৌলের গ্রাম পারমাণবিক ওজন বলিতে সেই মৌলের $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ পরমাণুর মোট ওজন বুঝায়।

পারমাণবিক ভর একক (Atomic mass unit or a. m. u.) : বর্তমান কালে পরমাণুর ভর প্রকাশের জন্য একটি একক ব্যবহার করা হয়, তাহাকে পারমাণবিক ভর একক বলে (a.m.u.)। একটি উদাহরণ দিলে ইহা পরিষ্কার হইবে। অক্সিজেনকে প্রমাণ ধরিয়া হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008। উল্লিখিত একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর = 1·008 a. m. u.। ঠিক একই ভিত্তিতে অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ভর 16 a. m. u. এবং অনুরূপ কারণে একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ভর 14 a. m. u. যেহেতু সকল মৌলের প্রত্যেক গ্রাম পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ অক্সিজেনের ক্ষেত্রে,

$$16 \text{ a. m.u.} = \frac{16}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

$$\text{অতএব, } 1 \text{ a. m. u.} = \frac{1}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে,

$$1{\cdot}008 \text{ a. m. u.} = \frac{1{\cdot}008}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

অতএব, $$1 \text{ a. m. u.} = \frac{1}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে,

$$14 \text{ a. m. u.} = \frac{14}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

অতএব, $$1 \text{ a. m. u.} = \frac{1}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

আইসোটোপ ঃ তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity) এবং পারমাণবিক রসায়ন-বিদ্যার অগ্রগতির সঙ্গে সঙ্গে জানা গিয়াছে যে, প্রায় সব মৌলেরই বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনসম্পন্ন পরমাণু বর্তমান। ইহাদিগকে সমস্থানিক বা আইসোটোপ বলে। যথা, ক্লোরিনের 35 এবং 37 পারমাণবিক ওজনযুক্ত আইসোটোপ বর্তমান। অক্সিজেনের 16, 17, 18 পারমাণবিক ওজনযুক্ত আইসোটোপ বর্তমান। সুতরাং এই সকল মৌলের পারমাণবিক ওজন আইসোটোপগুলির পারমাণবিক ওজনের গড়ের সমান হইবে। প্রকৃতিতে 35 পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট ক্লোরিনের পরিমাণ 75·4% এবং 37 পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট আইসোটোপের পরিমাণ 24·6%।

অতএব, ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন $= \dfrac{75{\cdot}4 \times 35 + 24{\cdot}6 \times 37}{100} = 35{\cdot}46$

তেজস্ক্রিয়তা এবং মৌলের পারমাণবিক গঠন সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞান হইলে আইসোটোপ সম্বন্ধে বিস্তারিত জ্ঞান হইবে। তেজস্ক্রিয়তা এবং মৌলের পারমাণবিক গঠন সম্পর্কে দ্বিতীয় খণ্ডে আলোচনা করা হইবে।

আইসোবার (Isobar) ঃ তেজস্ক্রিয়তা এবং পারমাণবিক রসায়নবিদ্যার অগ্রগতির আর একটি ফলশ্রুতি হইল আইসোবার-এর আবিষ্কার। যখন বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর একই পারমাণবিক গুরুত্ব হয় তখন একটিকে অপরটির আইসোবার বলে। যেমন, কার্বনের একটি আইসোটোপের পারমাণবিক ভর 14 এবং নাইট্রোজেনের একটি আইসোটোপের পারমাণবিক ভর 14, সুতরাং ইহারা পরস্পরের আইসোবার অর্থাৎ C^{14} এবং N^{14} পরস্পরের আইসোবার।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র বা ভরের নিত্যতা সূত্র

উদাহরণ 1. বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে কেবলমাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ক্যালসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যদি 10·0 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া 4·4 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় তাহা হইলে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অক্সাইডের পরিমাণ কত?

সমাধান : ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে,

ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ওজন = কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন + ক্যালসিয়াম অক্সাইডের ওজন

$\therefore$ $10 = x + 4{\cdot}4$ [x = উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অক্সাইডের ওজন]

$\therefore$ $x = 10 - 4{\cdot}4 = 5{\cdot}6$

$\therefore$ উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অক্সাইডের ওজন = 5·6 গ্রাম

উদাহরণ 2. 3·36 গ্রাম লৌহ 1·44 গ্রাম জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 4·64 গ্রাম অক্সাইড যৌগ গঠন করে। যদি এই বিক্রিয়াতে কেবলমাত্র অক্সাইড যৌগ এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা হইলে এই বিক্রিয়ায় কত পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়াছে ?

সমাধান : ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে,

লৌহের ওজন + জলীয় বাষ্পের ওজন

= লৌহের অক্সাইডের ওজন + হাইড্রোজেনের ওজন

3·36 গ্রাম + 1·44 গ্রাম = 4·64 গ্রাম + হাইড্রোজেনের ওজন

বা, 4·80 গ্রাম = 4·64 গ্রাম + " "

$\therefore$ হাইড্রোজেনের ওজন = (4·80 − 4·64) গ্রাম = 0·16 গ্রাম

$\therefore$ উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন = 0·16 গ্রাম।

উদাহরণ 3. 0·22 গ্রাম ওজনের একটি হাইড্রকার্বন (কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগকে হাইড্রকার্বন বলা হয়) অক্সিজেনের সহিত পূর্ণ দহনে 0·9 গ্রাম জলীয় বাষ্প এবং 0·44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। দেখাও যে, এই ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা সূত্র পালিত হইয়াছে। [Bombay F. Y. Sc.]

সমাধান : হাইড্রকার্বনটিতে হাইড্রোজেন এবং কার্বনের মোট ওজন 0·22 গ্রাম। যদি উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের পরিমাণ এবং উৎপন্ন জলীয় বাষ্পে হাইড্রোজেনের পরিমাণ যোগ করিলে 0·22 গ্রাম হয় তাহা হইলে এই ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা সূত্র অনুসৃত হইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত CO_2 এবং জলের আণবিক সঙ্কেত H_2O।

44 গ্রাম CO_2-এ C-এর পরিমাণ 12 গ্রাম

$\therefore$ 0·44 " " " 0·12 গ্রাম

অনুরূপভাবে, 18 গ্রাম H_2O-এ H-এর " 2 গ্রাম

$\therefore$ 0·9 " " " $\frac{2 \times 0{\cdot}9}{18}$ গ্রাম বা, 0·1 গ্রাম

$\therefore$ H এবং C-এর মোট ওজন = 0·12 + 0·10 = 0·22

সুতরাং বিক্রিয়ার পূর্বে এবং পরে C এবং H-এর পরিমাণ একই আছে। সুতরাং এই ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা সূত্র পালিত হইয়াছে।

উদাহরণ 4. 6 গ্রাম $FeSO_4$ আছে এমন একটি দ্রবণ 6·2 গ্রাম Ag_2SO_4

আছে এমন একটি দ্রবণে যোগ করিলে কত গ্রাম $Fe_2(SO_4)_3$ উৎপন্ন হইবে? দ্রবণে উৎপন্ন Ag-এর পরিমাণ 4·2 গ্রাম।

সমাধান: আমরা জানি, Ag_2SO_4 দ্রবণে $FeSO_4$ দ্রবণ যুক্ত করিলে $Fe_2(SO_4)_3$ উৎপন্ন হয় এবং ধাতব Ag অধঃক্ষিপ্ত হয়।

ধরা যাক, উৎপন্ন $Fe_2(SO_4)_3$-এর পরিমাণ $= x$ গ্রাম।

ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে,

বিক্রিয়কের মোট ওজন = বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ওজন,

$$(6+6{\cdot}2)=4{\cdot}2+x$$

বা, $12{\cdot}2=4{\cdot}2+x$ বা, $x=8$

$\therefore$ উৎপন্ন $Fe_2(SO_4)_3$-এর পরিমাণ $=8$ গ্রাম।

উদাহরণ 5. 1·68 গ্রাম $NaHCO_3$-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে CO_2 এবং জলীয় বাষ্পের প্রতিটির 224 ml করিয়া পাওয়া গেল এবং 1·06 গ্রাম Na_2CO_3 অবশেষ রূপে পড়িয়া রহিল। গণনা করিয়া দেখাও যে, এই ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা সূত্র পালিত হইয়াছে। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (0°C & 1 atm. pressure) CO_2-এর ঘনত্ব 0·001964 gm/c.c. এবং জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব 0·0008035 gm/c.c.।

সমাধান: প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 224 ml CO_2-এর ওজন

$$=(0{\cdot}001964\times224)\text{ gm}=0{\cdot}4399\text{ gm}$$

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 224 ml H_2O বাষ্পের ওজন

$$=(0{\cdot}0008035\times224)\text{ gm}=0{\cdot}1799\text{ gm}$$

উৎপন্ন Na_2CO_3-এর ভর $=1{\cdot}06$ gm

উৎপন্ন যৌগগুলির মোট ভর

$$=1{\cdot}06+0{\cdot}4399+0{\cdot}1799\text{ gm}=1{\cdot}6799\text{ গ্রাম}$$

ব্যবহৃত $NaHCO_3$-এর পরিমাণ $=1{\cdot}68$

$\therefore$ এই ক্ষেত্রে ভরের নিত্যতা সূত্র পালিত হইয়াছে।

উদাহরণ 6. $AgNO_3$ দ্রবণে NaCl-এর দ্রবণ মিশ্রিত করিলে AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে $NaNO_3$ উৎপন্ন হয়। একটি জলীয় দ্রবণে 17 gm $AgNO_3$ বর্তমান। 5·85 গ্রাম NaCl আছে এমন একটি দ্রবণ প্রথম দ্রবণটিতে মিশাইলে 8·5 gm $NaNO_3$ উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় কত গ্রাম AgCl অধঃক্ষিপ্ত হইবে?

সমাধান: ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে,

$AgNO_3$-এর ওজন + NaCl-এর ওজন

= AgCl-এর ওজন + $NaNO_3$-এর ওজন

ধরা যাক, x gm AgCl উৎপন্ন হইবে,

$\therefore$ $17+5{\cdot}85=x+8{\cdot}5$ বা, $x=14{\cdot}35$

$\therefore$ উৎপন্ন AgCl-এর পরিমাণ $=14{\cdot}35$ gm

স্থিরানুপাত সূত্র

উদাহরণ 7. বিভিন্ন উৎস হইতে প্রাপ্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিশ্লেষণ তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল। দেখাও যে, বিশ্লেষণের ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

(i) 5 gm সোডিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ 3·034 gm
(ii) 3·2 gm " " " " 1·94 gm
(iii) 5·30 " " " " 3·216 gm

সমাধান : (a) সকল নমুনাতেই সোডিয়াম এবং ক্লোরিন আছে। সুতরাং ইহা স্থিরানুপাত সূত্রের প্রথম অংশ সমর্থন করে।

(b) (i) প্রথম নমুনায় ক্লোরিনের পরিমাণ $\frac{3 \cdot 034 \times 100}{5}\% = 60 \cdot 68\%$

(ii) দ্বিতীয় নমুনায় ,, ,, $\frac{1 \cdot 94 \times 100}{3 \cdot 2}\% = 60 \cdot 62\%$

(iii) তৃতীয় নমুনায় ,, ,, $\frac{3 \cdot 216 \times 100}{5 \cdot 30}\% = 60 \cdot 67\%$

প্রথম ক্ষেত্রে সোডিয়ামের ওজন : ক্লোরিনের ওজন $= 39 \cdot 4 : 60 \cdot 6$
দ্বিতীয় ,, ,, ,, $= 39 \cdot 4 : 60 \cdot 6$
তৃতীয় ,, ,, ,, $= 39 \cdot 4 : 60 \cdot 6$

সুতরাং ইহা স্থিরানুপাত সূত্রের দ্বিতীয় অংশকে সমর্থন করিতেছে।

উদাহরণ 8. একটি অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর নমুনাকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে, উহাতে 10% কার্বন বর্তমান। অবিশুদ্ধ নমুনাটিতে শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ $CaCO_3$ বর্তমান? ($Ca=40$, $C=12$, $O=16$)

সমাধান : $CaCO_3$-এর আণবিক ওজন $= 40+12+48 = 100$

স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে,

12 গ্রাম কার্বন থাকিবে 100 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এ

∴ 10 গ্রাম " " $\frac{100 \times 10}{12} = 83 \cdot 33$ গ্রাম "

∴ প্রদত্ত $CaCO_3$-এর বিশুদ্ধতা $= 83 \cdot 33\%$

[ধরিয়া লওয়া হইয়াছে যে, অশুদ্ধিতে কোনও কার্বন নাই।]

উদাহরণ 9. (i) 0·8646 gm একটি ধাতুকে HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া ধাতুটির নাইট্রেট লবণ গঠন করা হইল। অতঃপর এই নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া 1·0824 gm অক্সাইড উৎপন্ন করা হইল। (ii) একই ধাতুর 1·2387 gm অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে বিজারিত করিয়া 0·9894 gm ধাতু পাওয়া গেল। দেখাও যে, প্রদত্ত ফলটি স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

(i) ধাতুর ওজন $= 0 \cdot 8646$ gm
ধাতুর অক্সাইডের ওজন $= 1 \cdot 0824$ gm
∴ ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= 0 \cdot 2178$ gm

∴ অক্সাইডে ধাতুর ওজন : অক্সিজেনের ওজন $=0{\cdot}8646 : 0{\cdot}2178$
$=3{\cdot}97 : 1$

(ii) ধাতুর ওজন $=0{\cdot}9894$
ধাতুর অক্সাইডের ওজন $=1{\cdot}2387$ gm
∴ ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=0{\cdot}2493$ gm
∴ অক্সাইডে ধাতুর ওজন : অক্সিজেনের ওজন $=0{\cdot}9894 : 0{\cdot}2493$
$=3{\cdot}97 : 1$

উভয়ক্ষেত্রেই ধাতুর অক্সাইডটিতে ধাতু এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সমান। সুতরাং প্রদত্ত ফলটি স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করিতেছে।

উদাহরণ 10. (i) কোন একটি ধাতুর 3·95 gm অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 0·9 gm H_2O উৎপন্ন হয়। (ii) অন্য উপায়ে প্রাপ্ত একই অক্সাইডের 5·925 gm হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 1·35 gm H_2O দেয়। দেখাও যে, এই ফল স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

সমাধান : বিক্রিয়াটি হইল : ধাতব অক্সাইড $+H_2 \rightarrow$ ধাতু $+H_2O$

(i) 18 gm H_2O-এ অক্সিজেনের পরিমাণ 16 gm
∴ 0·9 gm „ „ „ $\frac{16\times0{\cdot}9}{18}=0{\cdot}8$ gm
ধাতুটির অক্সাইডের ওজন $=3{\cdot}95$ gm
ধাতুটির সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=0{\cdot}8$ gm
∴ ধাতুর ওজন $=(3{\cdot}95-0{\cdot}8)$ gm $=3{\cdot}15$ gm
∴ অক্সাইডটিতে ধাতুর ওজন : অক্সিজেনের ওজন
$=3{\cdot}15 : 0{\cdot}8=3{\cdot}938 : 1$

(ii) 1·35 gm H_2O-এ অক্সিজেনের পরিমাণ $=\frac{16\times1{\cdot}35}{18}$ gm $=1{\cdot}2$ gm
∴ ধাতুর অক্সাইডের ওজন $=5{\cdot}925$ gm
ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=1{\cdot}2$ gm
∴ ধাতুর ওজন $=(5{\cdot}925-1{\cdot}2)$ gm $=4{\cdot}725$ gm
∴ এই ক্ষেত্রে অক্সাইডটিতে ধাতুর ওজন : অক্সিজেনের ওজন
$=4{\cdot}725 : 1{\cdot}2=3{\cdot}938 : 1$

সুতরাং প্রদত্ত ফলটি স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

উদাহরণ 11. একটি ধাতব লবণের কেলাসে 51·23% জল এবং 9·757% ধাতু আছে। 10 গ্রাম কেলাস প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম ধাতু প্রয়োজন? এই 10 গ্রাম কেলাসে কত গ্রাম অনার্দ্র লবণ বর্তমান?

সমাধান : স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে,
10 গ্রাম কেলাস প্রস্তুত করিতে প্রয়োজনীয় ধাতুর পরিমাণ
$=\frac{9{\cdot}757\times10}{100}$ গ্রাম $=0{\cdot}9757$ গ্রাম

এবং 10 গ্রাম কেলাসে জলের পরিমাণ $=\frac{51{\cdot}23\times10}{100}=5{\cdot}125$ গ্রাম

$\therefore$ 10 গ্রাম কেলাসে অনার্দ্র লবণের পরিমাণ

$=(10-5{\cdot}125)$ গ্রাম $=4{\cdot}875$ গ্রাম

উদাহরণ 12. ধাতব কপারের তিনটি নমুনা X, Y, Z-এর যথাক্রমে 1·75 gm, 1·14 gm এবং 1·46 gm লওয়া হইল। X-কে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া কপার নাইট্রেট প্রস্তুত করা হইল এবং এই কপার নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া 2·19 gm কপার অক্সাইড প্রস্তুত করা হইল। Y-কে নাইট্রেটে রূপান্তরিত করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল এবং এই দ্রবণে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া কপার হাইড্রক্সাইড প্রস্তুত করা হইল। অতঃপর ইহাকে পরিস্রুত করিয়া উত্তাপ প্রয়োগে 1·43 গ্রাম কপার অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হইল। Z-কে অক্সিজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া 1·83 gm কপার অক্সাইডে পরিণত করা হইল। দেখাও যে, উপরে উল্লিখিত ফলগুলি একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রকে সমর্থন করে।

সমাধান: X-এর ক্ষেত্রে

1·75 gm কপার (2·19 − 1·75) gm বা, 0·44 gm অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

Y-এর ক্ষেত্রে

1·14 gm কপার (1·43 − 1·14) gm বা, 0·29 gm " " " "

$\therefore$ 1·75 gm " $\frac{0{\cdot}29\times1{\cdot}75}{1{\cdot}14}$ gm বা, 0·44 gm " " " "

Z-এর ক্ষেত্রে

1·46 gm কপার (1·83 − 1·46) gm বা, 0·37 gm " " " "

$\therefore$ 1·75 gm " $\frac{0{\cdot}37\times1{\cdot}75}{1{\cdot}45}$ gm বা, 0·44 gm " " " "

প্রত্যেকটি অক্সাইডের ক্ষেত্রেই কপার এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সমান। সুতরাং ইহা স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করিতেছে।

উদাহরণ 13. একটি পরীক্ষায় দেখা দেখা গেল, (*a*) 0·12 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে বাতাসে উত্তপ্ত করায় 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। (*b*) ধাতুটির কার্বনেট এবং নাইট্রেটে ধাতুটির পরিমাণ যথাক্রমে 28·5% এবং 16·2%, 1·00 গ্রাম কার্বনেটকে এবং নাইট্রেটকে যথাক্রমে উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাইবে স্থিরানুপাত সূত্র প্রয়োগে নির্ণয় কর। [H. S. 1965]

সমাধান: ধাতুটির কার্বনেটের 1·00 গ্রামে ধাতুর পরিমাণ $\frac{28{\cdot}5}{100}$ গ্রাম

$=0{\cdot}285$ গ্রাম

আবার " নাইট্রেটের 1·00 " " " $=\frac{16{\cdot}2}{100}$ গ্রাম

$=0{\cdot}162$ গ্রাম

যেহেতু স্থিরানুপাত সূত্র সত্য সেই হেতু

0·12 গ্রাম ধাতু হইতে 0·20 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাইলে

0·285 গ্রাম " " " " " $\frac{0.20 \times 0.285}{0.12}$ গ্রাম

বা, 0·475 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাইবে

এবং 0·162 " " " " " $\frac{0.20 \times 0.162}{0.12}$ গ্রাম

বা, 0·27 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাবে

∴ 1 গ্রাম কার্বনেট এবং নাইট্রেট হইতে যথাক্রমে 0·475 গ্রাম এবং 0·27 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ 14. C একটি যৌগ। ইহার 30 গ্রাম বিশ্লেষণ করিলে A-এর 10 গ্রাম এবং B-এর 20 গ্রাম পাওয়া যায়। যদি 15 গ্রাম A, 50 গ্রাম B মিশাইয়া বিক্রিয়া করা হয় তাহা হইলে C-এর ওজন কত হইবে এবং সমগ্র মিশ্রণটির ওজন কত হইবে? [H. S. 1980]

সমাধান : C যৌগে, A-এর ওজন : B-এর ওজন = 10 : 20 = 1 : 2

স্থিরানুপাত সূত্রানুযায়ী,

1 গ্রাম A 2 গ্রাম B-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া C যৌগ দিবে।

∴ 15 গ্রাম A, 2 × 15 বা 30 গ্রাম B-এর সহিত " " "

∴ ভরের নিত্যতা সূত্রানুযায়ী,

উৎপন্ন C-এর ওজন = 45 গ্রাম। কিন্তু 50 গ্রাম B ব্যবহৃত হইয়াছে। সুতরাং (50 − 30) বা 20 গ্রাম B অবশিষ্ট থাকিবে।

সুতরাং বিক্রিয়ায় শেষে মিশ্রণটির মোট ওজন = (45 + 20) গ্রাম = 65 গ্রাম।

উদাহরণ 15. 0·36 গ্রাম ধাতুকে বাতাসে উত্তপ্ত করিলে 0·6 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ 28·57%। 1 গ্রাম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাইবে? [H. S. 1964]

সমাধান : ধাতুর অক্সাইডে ধাতুর ওজন : অক্সিজেনের ওজন

$$= 0.36 : (0.6 - 0.36) = 0.36 : 0.24 = 3 : 2$$

∴ 3 gm ধাতু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 5 gm অক্সাইড গঠন করে ধাতুটির কার্বনেট হইতে প্রাপ্ত অক্সাইডেও ধাতু এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাতও একই হইবে (স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী)।

100 গ্রাম কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ 28·57 গ্রাম

∴ 1 " " " " 0·2857 "

এখন 3 গ্রাম ধাতু হইতে 5 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়

∴ 0·2857 " " " $\frac{5 \times 0.2857}{3}$ গ্রাম

বা, 0·4762 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাইবে

গুণানুপাত সূত্র

উদাহরণ 16. একটি ধাতু দুইটি অক্সাইড দেয়। প্রতিটি অক্সাইডের 1 gm লইয়া হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·798 gm এবং 0·888 gm ধাতু উৎপন্ন হয়। দেখাও যে, ইহা একটি গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ।
[D. H. S. 1965 ; H. S. 1968, Jt. Entrance, 1978]

সমাধান : প্রথম অক্সাইডে উৎপন্ন ধাতুর পরিমাণ 0·798 gm

∴ ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ (1 − 0·798) gm = 0·202 gm

∴ 0·202 gm অক্সিজেন যুক্ত হয় 0·798 gm ধাতুর সহিত

∴ 1 " " " " $\frac{0·798}{0·202}$ gm বা, 3·9505 gm

দ্বিতীয় অক্সাইডে উৎপন্ন ধাতুর পরিমাণ 0·888 gm

ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ (1 − 0·888) gm বা, 0·112 gm

∴ 0·112 gm অক্সিজেন যুক্ত হয় 0·888 gm ধাতুর সঙ্গে

∴ 1 " " " $\frac{0·888}{0·112}$ বা, 7·9286 gm

∴ অক্সাইড দুইটিতে 1 gm অক্সিজেনের সহিত পৃথক ভাবে যুক্ত ধাতুটির ওজন দুইটির অনুপাত = 3·9505 : 7·9289 = 1 : 2।

ইহা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যায় সরলানুপাত। সুতরাং ইহা গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ।

উদাহরণ 17. ফসফরাসের দুইটি অক্সাইড A এবং B-এর বিশ্লেষণের ফলগুলি নিম্নে লিপিবদ্ধ করা হইল :

(a) A অক্সাইডের 11 গ্রামে 4·8 গ্রাম অক্সিজেন বর্তমান

(b) B " 21·3 " 12·0 " " "

এই ফল হইতে গুণানুপাত সূত্রকে প্রমাণ কর।

সমাধান : A অক্সাইডে

ফসফরাসের ওজন : অক্সিজেনের ওজন = 6·2 : 4·8 = 1 : 0·7742

B অক্সাইডে

ফসফরাসের ওজন : অক্সিজেনের ওজন = 9·3 : 12·0 = 1 : 1·2903

∴ 1 গ্রাম ফসফরাসের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন দুইটির অনুপাত
= 0·7742 : 1·2903 = 1 : 1·67 = 3 : 5

সুতরাং ইহা গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

[অক্সিজেনের ওজনকে স্থির ধরিলে ফসফরাসের দুইটি ওজনের অনুপাত 5 : 3 হইত।]

উদাহরণ 18. ফসফরাসের তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 43·668%, 49·212% এবং 56·365% ফসফরাস বর্তমান আছে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফলটি গুণানুপাত সূত্রানুযায়ী। [D. H. S. 1960]

সমাধান :

	P-এর শতকরা ওজন	O_2-এর শতকরা ওজন	অক্সিজেনের ওজন / P-এর ওজন
প্রথম অক্সাইড	43·668	56·332	$\frac{56·332}{43·668}=1·29=A$
দ্বিতীয় অক্সাইড	49·212	50·788	$\frac{50·788}{49·212}=1·03=B$
তৃতীয় অক্সাইড	56·365	43·635	$\frac{43·635}{56·365}=0·772=C$

A এবং B-এর অনুপাত=1·29 : 1·03=5 : 4

B এবং C-এর অনুপাত=1·03 : 0772=4 : 3

$\therefore$ A : B : C=5 : 4 : 3

$\therefore$ প্রদত্ত উদাহরণ গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

[অক্সিজেনের ওজনকে স্থির ধরিয়া গণনা করিলে P-এর ওজনগুলির অনুপাত 12 : 15 : 20 হইবে। গুণানুপাত সূত্রের ভিত্তিতে এই উত্তরও ঠিক।]

উদাহরণ 19. একটি মৌলের তিনটি ক্লোরাইড যৌগে যথাক্রমে 43·6%, 34·1% এবং 27·9% মৌল বর্তমান। দেখাও যে, রাসায়নিক বিশ্লেষণে প্রাপ্ত এই ফলটি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

সমাধান :

	মৌলের শতকরা ভাগ	ক্লোরিনের শতকরা ভাগ
প্রথম ক্লোরাইড	43·6	56·4
দ্বিতীয় ক্লোরাইড	34·1	65·9
তৃতীয় ক্লোরাইড	27·9	72·1

43·6 গ্রাম ওজনকে স্থির ধরিয়া

প্রথম ক্লোরাইডে 43·6 গ্রাম মৌল যুক্ত হয় 56·4 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে

দ্বিতীয় ক্লোরাইডে 34·1 গ্রাম মৌল যুক্ত হয় 65·9 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে

$\therefore$ 43·6 গ্রাম মৌল যুক্ত হয় $\frac{65·9\times43·6}{34·1}$ বা, 84·3 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে

তৃতীয় ক্লোরাইডে 27·9 গ্রাম মৌল যুক্ত হয় 72·1 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে

$\therefore$ 43·6 গ্রাম মৌল যুক্ত হয় $\frac{72·1\times43·6}{27·9}$ বা, 112·7 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে

$\therefore$ 43·6 গ্রাম মৌলের সহিত পৃথক পৃথক ভাবে যুক্ত ক্লোরিনের ওজনগুলির অনুপাত=56·4 : 84·3 : 112·7=2 : 3 : 4

সুতরাং প্রদত্ত উদাহরণ গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

উদাহরণ 20. একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইড লবণে ক্লোরিনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 35·9 এবং 52·8। দেখাও যে, ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত। [H. S. 1966]

সমাধান : প্রথম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ=35·9%

$\therefore$ ধাতুর „ =64·1%

$\therefore$ 1 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণ$=\frac{64{\cdot}1}{35{\cdot}9}$ গ্রাম

$=1{\cdot}7855$ গ্রাম

দ্বিতীয় ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ$=52{\cdot}8\%$

$\therefore$ ধাতুর " $=47{\cdot}2\%$

$\therefore$ 1 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণ$=\frac{47{\cdot}2}{52{\cdot}8}$ গ্রাম

$=0{\cdot}8939$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন দুইটির অনুপাত

$1{\cdot}7855 : C{\cdot}8939=1{\cdot}9974 : 1=2 : 1$

সুতরাং, প্রদত্ত পরীক্ষার ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

উদাহরণ 21. কার্বন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড গঠন করে। একটিতে কার্বনের শতকরা মাত্রা 75 ভাগ এবং অপরটিতে 80 ভাগ। দেখাও যে, এই সংযুতি গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

[H. S. 1964 (Comp.)]

সমাধান ঃ প্রথম হাইড্রাইডে

1 গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন$=\frac{25}{75}$ গ্রাম$=\frac{1}{3}$ গ্রাম

দ্বিতীয় হাইড্রাইডে

1 গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন$=\frac{20}{80}$ গ্রাম$=\frac{1}{4}$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন দুইটির অনুপাত

$=\frac{1}{3} : \frac{1}{4}=4 : 3$

ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং, ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

উদাহরণ 22. ক্লোরিন এবং অক্সিজেন দুইটি ভিন্ন যৌগ গঠন করে। ওজন হিসাবে উহাদের প্রথমটিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 81·6 এবং দ্বিতীয়টিতে ক্লোরিনের শতকরা ভাগ 59·7। এই পরীক্ষার ফল যে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রটির সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন তাহা বিবৃত কর। তোমার উক্তির সপক্ষে যুক্তি দেখাও।

[H. S. 1979]

সমাধান ঃ প্রথম যৌগে

ক্লোরিনের শতকরা ওজন$=81{\cdot}6$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের " " $=18{\cdot}4$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন$=\frac{81{\cdot}6}{18{\cdot}4}=4{\cdot}4348$ গ্রাম

দ্বিতীয় যৌগে

ক্লোরিনের শতকরা ওজন$=59{\cdot}7$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের " " $=40{\cdot}3$ গ্রাম

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= \frac{59 \cdot 7}{40 \cdot 3}$ গ্রাম

$= 1 \cdot 4814$ গ্রাম

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন দুইটির অনুপাত

$= 4 \cdot 4348 : 1 \cdot 4814 = 2 \cdot 994 : 1$

$= 3 : 1$

ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং ইহা গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

উদাহরণ 23. A এবং B যৌগ দুইটি টিন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। A যৌগে 78·77% টিন এবং 21·23% অক্সিজেন আছে। B যৌগে 88·12% টিন এবং 11·88% অক্সিজেন আছে। দেখাও যে, ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে। [I. I. T. 1975]

সমাধান: A যৌগে

1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত টিনের পরিমাণ $= \frac{78 \cdot 77}{21 \cdot 23}$ গ্রাম

$= 3 \cdot 7103$ গ্রাম

B যৌগে

1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত টিনের পরিমাণ $= \frac{88 \cdot 12}{11 \cdot 88}$ গ্রাম

$= 7 \cdot 4175$ গ্রাম

সুতরাং, 1 গ্রাম ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত টিনের ওজন দুইটির অনুপাত

$= 3 \cdot 7103 : 7 \cdot 4175$

$= 1 : 1 \cdot 999 = 1 : 2$

ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং ইহার গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

উদাহরণ 24. বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে, একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে ওজন হিসাবে ধাতুটির শতকরা ভাগ যথাক্রমে 77·78 এবং 70·0। দেখাও যে, এই ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে। [H. S. 1971]

সমাধান: প্রথম অক্সাইডে

ধাতুর শতকরা ওজন = 77·78 গ্রাম

∴ অক্সিজেনের „ „ = 22·22 গ্রাম

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন $= \frac{77 \cdot 78}{22 \cdot 22}$ গ্রাম $= 3 \cdot 5$ গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইডে

ধাতুর শতকরা ওজন = 70·0

∴ অক্সিজেনের „ „ = 30·0

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন $= \frac{70}{30}$ গ্রাম $= 2 \cdot 3$ গ্রাম

সুতরাং, 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন দুইটির অনুপাত

$$=3{\cdot}5 : 2{\cdot}3 = 1{\cdot}5 : 1 = 3 : 2$$

ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

উদাহরণ 25. M ধাতুর দুইটি অক্সাইডকে পৃথক পৃথক ভাবে নিত্য ওজন পাওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল। যে-জল উৎপন্ন হইল তাহা সংগ্রহ করিয়া পৃথকভাবে দুইটি ক্ষেত্রে ওজন করিয়া নিম্নলিখিত রূপ ফল পাওয়া গেল:

(i) 0·795 গ্রাম অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত জলের ওজন=0·18 গ্রাম

(ii) 2·86 গ্রাম দ্বিতীয় অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত জলের ওজন=0·36 গ্রাম।

দেখাও যে, এই তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রসম্মত। [H. S. 1984]

সমাধান: প্রথম অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত জলের ওজন=0·18 গ্রাম

আমরা জানি, 18 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে 16 গ্রাম

$\therefore$ 0·18 " " " $\dfrac{16\times0{\cdot}18}{18}$ গ্রাম=0·16 গ্রাম

$\therefore$ 0·795 গ্রাম প্রথম অক্সাইডে যুক্ত ধাতুর পরিমাণ

$=(0{\cdot}795-0{\cdot}16)$ গ্রাম$=0{\cdot}635$ গ্রাম

$\therefore$ প্রথম অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণ

$=\dfrac{0{\cdot}635}{0{\cdot}16}$ গ্রাম $=3{\cdot}9687$ গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত জলের ওজন=0·36 গ্রাম

0·36 গ্রাম জলে অক্সিজেনের পরিমাণ $\dfrac{16\times0{\cdot}36}{18}$ গ্রাম=0·32 গ্রাম

$\therefore$ 2·86 গ্রাম দ্বিতীয় অক্সাইডের যুক্ত ধাতুর পরিমাণ

$=(2{\cdot}86-0{\cdot}32)=2{\cdot}54$ গ্রাম

$\therefore$ দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণ

$=\dfrac{2{\cdot}54}{0{\cdot}32}$ গ্রাম$=7{\cdot}9375$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সাইড দুইটিতে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন দুইটির অনুপাত

$$=7{\cdot}9375 : 3{\cdot}9687 = 2 : 1$$

ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং প্রদত্ত তথ্যটি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

উদাহরণ 26. একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 77·78% ও 70% ধাতু আছে। দেখাও যে, ইহা গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

[Tripura H. S. 1985]

সমাধান: প্রথম অক্সাইডে,

ধাতুর শতকরা পরিমাণ=77·78

$\therefore$ অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ=22·22

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন$=\frac{77 \cdot 78}{22 \cdot 22}=3 \cdot 5$

দ্বিতীয় অক্সাইডে,

ধাতুর শতকরা পরিমাণ=70

∴ অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ=30

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন$=\frac{70}{30}=2 \cdot 33$

∴ অক্সাইড দুইটিতে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন দুইটির অনুপাত=3·5 : 2·3=1·5 : 1=3 : 2

সুতরাং প্রদত্ত তথ্য গুণানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

মিথানুপাত সূত্র

উদাহরণ 27. 0·6 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু অম্লের সহিত বিক্রিয়ান্তে প্রমাণ অবস্থায় (N. T. P.) 560 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং উক্ত ধাতুর 0·12 গ্রাম পুড়াইলে 0·2 গ্রাম অক্সাইড হয়। অপরদিকে 0·56 গ্রাম অক্সিজেন হইতে 0·63 গ্রাম জল পাওয়া যায়। দেখাও যে, উপরি-উক্ত তথ্য একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। নির্দিষ্ট সূত্রটি লিখ। [H. S. 1981]

সমাধান : N. T. P.-তে 560 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন

$=560 \times \cdot 00009$ গ্রাম বা, 0·0504 গ্রাম হাইড্রোজেন

0·6 গ্রাম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন=0·0504 গ্রাম

∴ 1 " " " " " $=\frac{0 \cdot 0504}{0 \cdot 6}$ গ্রাম

$=\cdot 084$ গ্রাম

আবার ধাতুটির 0·12 গ্রাম হইতে 0·2 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়।

∴ 0·12 গ্রাম ধাতু (0·2−0·12) গ্রাম বা 0·08 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে

∴ 0·12 গ্রাম ধাতু যুক্ত হয় 0·08 অক্সিজেনের সঙ্গে

1 " " " " $\frac{0 \cdot 08}{0 \cdot 12}$ বা, 0·6666 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে

∴ 1 গ্রাম ধাতু-কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন এবং 1 গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন দুইটির অনুপাত=0·084 : 0·6666=1 : 7·9=1 : 8

সুতরাং জল গঠন কালে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই অনুপাতে অথবা ইহার গুণিতক বা অবগুণিতকে যুক্ত হইবে। প্রদত্ত তথ্য অনুসারে—

0·56 গ্রাম অক্সিজেন হইতে 0·63 গ্রাম জল পাওয়া যায়।

∴ 0·56 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন

=(0·63−0·56) গ্রাম=0·07 গ্রাম

সুতরাং এই ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন

$$=0\cdot07 : 0\cdot54=1 : 8$$

সুতরাং প্রদত্ত ফল মিথানুপাত সূত্রকে প্রমাণ করিতেছে।

[ধাতুর ওজন 1 গ্রাম না ধরিয়া উভয়ক্ষেত্রে 0·6 গ্রাম ধরিলেও অঙ্কটি সমাধান করা যাইবে।]

উদাহরণ 28. A, B ও C তিনটি মৌল। 1 গ্রাম A 1·33 গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়, 1 গ্রাম B 0·125 গ্রাম C-এর সঙ্গে যুক্ত হয়, 1 গ্রাম C 6·00 গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। এই তথ্য মিথানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিসম্পন্ন কিনা দেখাও। [H. S. 1983]

সমাধান : 1·33 গ্রাম B যুক্ত হয় 1 গ্রাম A-এর সঙ্গে

1 গ্রাম B যুক্ত হয় 0·125 গ্রাম C-এর সঙ্গে

∴ 1·33 " " " " $0\cdot125\times1\cdot33$ গ্রাম

বা, 0·1662 গ্রাম C-এর সঙ্গে

∴ 1·33 গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত A এবং C-এর ওজন দুইটির অনুপাত

$$=1 : 0\cdot1662=6 : 1$$

আবার দেওয়া আছে, 6 গ্রাম A 1 গ্রাম C-এর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। সুতরাং প্রদত্ত তথ্য মিথানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন।

উদাহরণ 29. অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে শতকরা 52·9 ভাগ অ্যালুমিনিয়াম আছে। কার্বন ডাই-অক্সাইডে শতকরা 27·27 ভাগ কার্বন আছে। প্রদত্ত ফল মিথানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন হইলে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডে শতকরা কতভাগ অ্যালুমিনিয়াম আছে? [All India H. S. 1973]

সমাধান : অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে,

Al-এর পরিমাণ=52·9%

∴ O-এর " =47·1%

কার্বন ডাই-অক্সাইডে,

C-এর পরিমাণ=27·27%

∴ O-এর " =72·73%

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডে 47·1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কার্বনের

$$\text{পরিমাণ}=\frac{27\cdot27\times47\cdot1}{72\cdot73}\ \text{গ্রাম}$$

বা, 17·62 গ্রাম

মিথানুপাত সূত্রানুসারে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডে Al-এর ওজন : C-এর ওজন =52·9 : 17·62 হইবে।

অর্থাৎ, $52{\cdot}9+17{\cdot}62=70{\cdot}52$ গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডে অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণ 52·9 গ্রাম

$\therefore$ অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডে অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণ$=\frac{52{\cdot}9\times100}{70{\cdot}52}$

$=75{\cdot}01\%$

উদাহরণ 30. হাইড্রোজেন সালফাইডে 5·88% হাইড্রোজেন, জলে 11·11% হাইড্রোজেন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডে 50% সালফার বর্তমান। দেখাও যে, প্রদত্ত পরীক্ষার ফল মিথানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে। [I. I. T. 1962]

সমাধান ঃ হাইড্রোজেন সালফাইডে

হাইড্রোজেনের ওজন : সালফারের ওজন$=5{\cdot}88 : 94{\cdot}12=1 : 16$

জলে হাইড্রোজেনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন$=11{\cdot}11 : 88{\cdot}89=1 : 8$

সালফারডাই অক্সাইডে—

সালফারের ওজন : অক্সিজেনের ওজন$=50 : 50=1 : 1$

সমপরিমাণ (1 গ্রাম) হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত সালফার এবং অক্সিজেনের ওজন দুইটির অনুপাত$=16 : 8=2 : 1=2\times1 : 1\times1$

2 এবং 1 সরল গুণিতক। সুতরাং প্রদত্ত তথ্য মিথানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

উদাহরণ 31. অ্যামোনিয়াতে 17·65% হাইড্রোজেন, জলে 11·11% হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডে 36·84% নাইট্রোজেন আছে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল তুল্যাঙ্কভার সূত্র সমর্থন করে। [I. I. T. 1964]

সমাধান ঃ মনে রাখিতে হইবে মিথানুপাত সূত্র এবং তুল্যাঙ্কভার সূত্র একই।

অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেনের ওজন : নাইট্রোজেনের ওজন

$=17{\cdot}65 : 82{\cdot}35=1 : 4{\cdot}66$

জলে হাইড্রোজেনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন$=11{\cdot}11 : 88{\cdot}89=1 : 8$

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডে নাইট্রোজেনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন

$=36{\cdot}84 : 63{\cdot}16=1 : 1{\cdot}7$

সমপরিমাণ (1 গ্রাম) হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন দুইটির অনুপাত$=4{\cdot}66 : 8=1 : 1{\cdot}7$

সুতরাং প্রদত্ত ফল মিথানুপাত সূত্র বা তুল্যাঙ্কভার সূত্র সমর্থন করে।

উদাহরণ 32. কপার সালফাইডে 66·5% কপার, কপার অক্সাইডে 79·9% কপার এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইডে 40% সালফার আছে। দেখাও যে, প্রদত্ত তথ্য মিথানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিপূর্ণ।

সমাধান ঃ 1 গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত সালফারের ওজন$=\frac{33{\cdot}5}{66{\cdot}5}$ গ্রাম

1 গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন$=\frac{20{\cdot}9}{79{\cdot}1}$ গ্রাম

$$\therefore \quad \frac{\text{এক গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত সালফারের ওজন}}{\text{এক গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{33\cdot5}{66\cdot5}\times\frac{79\cdot1}{20\cdot9} \quad \cdots(1)$$

$$\frac{\text{সালফার ট্রাই-অক্সাইডে সালফারের ওজন}}{\text{সালফার ট্রাই-অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{40}{60} \quad \cdots(2)$$

$\therefore$ (1) এবং (2)-এর অনুপাত$=\frac{33\cdot5}{66\cdot5}\times\frac{79\cdot1}{20\cdot9}\times\frac{60}{40}=\frac{3}{1}$

$\therefore$ প্রদত্ত ফল মিথানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিপূর্ণ।

উদাহরণ 33. 1 গ্রাম অক্সিজেন 0·126 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। 1 গ্রাম নাইট্রোজেন 0·2160 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইড গঠন করিতে 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত কত গ্রাম অক্সিজেন বিক্রিয়া করিবে?

[Bombay, 1971]

সমাধান : 0·126 গ্রাম হাইড্রোজেন 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

0·216 গ্রাম হাইড্রোজেন 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$\therefore$ 0·126 গ্রাম হাইড্রোজেন $\frac{1\times0\cdot126}{0\cdot216}$ গ্রাম বা, 0·5833 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিবে।

মিথানুপাত সূত্রানুসারে,

0·5833 গ্রাম নাইট্রোজেন 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবে

$\therefore$ 1 „ „ $\frac{1}{0\cdot5833}$ গ্রাম „ „ „ „

বা, 1·7 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবে।

সুতরাং 1 গ্রাম নাইট্রোজেন 1·7 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অথবা এই ওজনের সরল গুণিতকের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইড যৌগ গঠন করিবে।

উদাহরণ 34. অ্যামোনিয়া যৌগে 82·35% নাইট্রোজেন, জলে 11·11% হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন পারক্সাইডে 69·57% অক্সিজেন বর্তমান। দেখাও যে, উপরি-উক্ত ফলাফল একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

[H. S. 1985]

সমাধান : অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেনের ওজন : হাইড্রোজেনের ওজন

$=82\cdot35 : 17\cdot65=1 : 0\cdot21$

নাইট্রোজেন পারক্সাইড নাইট্রোজেনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন

$=69\cdot57 : 30\cdot43=1 : 0\cdot44$

$\therefore$ নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন : হাইড্রোজেনের ওজন$=0\cdot44 : 0\cdot21=2 : 1$

মিথানুপাত সূত্রানুযায়ী অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন এই অনুপাতে অথবা ইহার সরল গুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হইবে।

জলে অক্সিজেনের ওজন : হাইড্রোজেনের ওজন

$=88 \cdot 89 : 11 \cdot 11 = 8 : 1 = 2 \times 4 : 1$

অর্থাৎ জলে অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন 2 : 1 অনুপাতের সরল গুণিতকের অনুপাতে উপস্থিত। সুতরাং প্রদত্ত তথ্য মিথানুপাত সূত্রসম্মত।

উদাহরণ 35. নিম্নলিখিত তথ্যটি যে-রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ তাহা বিবৃত কর। তোমার বক্তব্যের পক্ষে যুক্তি দাও।

(i) 0·48 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনের সহিত দহন করিলে 0·80 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড দেয়।

(ii) 0·84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অতিরিক্ত অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া S. T. P.-তে 784 সি.সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

(iii) 1·12 গ্রাম অক্সিজেন অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 1·26 গ্রাম জল উৎপন্ন করে। [J. E. 1980]

সমাধান : 0·48 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম যুক্ত হয় (0·80 – 0·48) গ্রাম বা 0·32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত

$\therefore$ 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম যুক্ত হয় $\frac{0 \cdot 32 \times 12}{0 \cdot 48}$ গ্রাম বা 8 গ্রাম " "

0·84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম S. T. P.-তে হাইড্রোজেন মুক্ত করে $784 \times 0 \cdot 00009$ গ্রাম

$\therefore$ 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম S. T. P.-তে হাইড্রোজেন মুক্ত করে $\frac{784 \times 0 \cdot 00009 \times 12}{0 \cdot 84}$ গ্রাম বা 1 গ্রাম

12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন : 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম-কর্তৃক মুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন = 8 : 1

নির্দিষ্ট অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন এই অনুপাতে অথবা ইহার সরল গুণিতকের অনুপাত যুক্ত হইবে (মিথানুপাত সূত্র)।

জলে 1·12 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় (1·26 – 1·12) গ্রাম বা 0·14 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত

$\therefore$ জলে অক্সিজেনের ওজন : হাইড্রোজেনের ওজন $= 1 \cdot 12 : 0 \cdot 14 = 8 : 1$

সুতরাং প্রদত্ত তথ্য মিথানুপাত সূত্রকে সমর্থন করিতেছে।

সার-সংক্ষেপ

ঘটনা : ঘটনা হইল এমন সব স্বতঃস্ফূর্ত কার্য যাহার ব্যতিক্রম প্রকৃতিতে কখনও দেখা যায় না।

সূত্র ঃ কোন ঘটনা সম্বন্ধে পরীক্ষা বা পর্যবেক্ষণ করিয়া ঘটনাগুলি যে-নিয়ম মানিয়া চলে তাহা সরলভাবে ও সাধারণভাবে লিপিবদ্ধ করিলে যাহা পাওয়া যায় তাহাই সূত্র।

প্রকল্প ঃ কোন ঘটনাকে ব্যাখ্যা করিতে যাইয়া যদি কোন ধারণার আশ্রয় লইতে হয় তাহা হইলে সেই ধারণাকে প্রকল্প বলা হয়। প্রকল্প প্রত্যক্ষ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত নয়।

তত্ত্ব ঃ যখন কোন প্রকল্প বিজ্ঞানে বিশেষ কোনও ক্ষেত্রের বিভিন্ন ঘটনা তথা পরীক্ষার সহিত মিলিয়া যায় তখন সেই প্রকল্পকে তত্ত্ব বলে।

রাসায়নিক সংযোগসূত্রের সংখ্যা মোট পাঁচটি ঃ

1. ভরের নিত্যতা সূত্র ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের রূপান্তর হয়, তাহার বিনাশ হয় না।

2. স্থিরানুপাত সূত্র ঃ বিভিন্ন উৎস হইতে প্রাপ্ত একই যৌগ একই মৌল দ্বারা গঠিত এবং যৌগটিতে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত স্থির।

3. গুণানুপাত সূত্র ঃ দুইটি মৌলিক পদার্থ পরস্পর যুক্ত হইয়া দুইটি অথবা ততোধিক যৌগ গঠন করিলে মৌল দুইটির একটির নির্দিষ্ট ভরের সঙ্গে অপর মৌলটির যে-যে-ভর যুক্ত হয় সেই ভরগুলি পরস্পর ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে বর্তমান থাকে।

4. মিথানুপাত সূত্র বা তুল্যাঙ্কভার সূত্র ঃ যদি একাধিক মৌলিক পদার্থ অপর একটি মৌলিক পদার্থের স্থির ওজনের সহিত পৃথক পৃথক ভাবে যুক্ত হইয়া পৃথক যৌগ গঠন করে তবে ঐ মৌলিক পদার্থগুলি নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া যৌগ গঠন কালে, যে-বিভিন্ন ওজনে নির্দিষ্ট মৌলটির স্থির ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছিল, সেই বিভিন্ন ওজনের অনুপাতে বা ঐ সকল ওজনের সরল গুণিতকের বা অবগুণিতকেম অনুপাতে সংযুক্ত হইবে।

5. গ্যাস আয়তন সূত্র ঃ সমচাপ ও তাপমাত্রায় দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থ বিক্রিয়া করিয়া যদি গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন করে তাহা হইলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন এবং বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনগুলি সর্বদা ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যায় সরল অনুপাত থাকিবে।

তুল্যাঙ্কভার ঃ কোন মৌলের কত ভাগ ওজন 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় সেই ওজন সংখ্যাকে উল্লিখিত মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক মৌলগুলি উহাদের তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে যুক্ত হয়। এই অনুপাত প্রত্যক্ষভাবে মিথানুপাত সূত্র হইতে পাওয়া যায়। তাই মিথানুপাত সূত্রকে তুল্যাঙ্কভার সূত্রও বলা হয়।

ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব ঃ সকল পদার্থই অতি ক্ষুদ্র নিরেট এবং অবিভাজ্য কণার দ্বারা গঠিত। এই কণার নাম পরমাণু। মৌলের পরমাণুর নাম

মৌলিক পরমাণু এবং যৌগের পরমাণুর নাম যৌগিক পরমাণু। পরমাণু ধ্বংস বা সৃষ্টি হয় না। রাসায়নিক পরিবর্তনে পরমাণু অংশগ্রহণ করে। প্রত্যেক পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট। একই মৌলের পরমাণুর ওজন রাসায়নিক ধর্ম ও ভৌত ধর্ম একই। বিভিন্ন পরমাণুর ওজন, রাসায়নিক ধর্ম এবং ভৌত ধর্ম বিভিন্ন। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে।

গ্যাস আয়তন সূত্র ছাড়া বাকী চারিটি সূত্র ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়।

$$\text{পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$
$$= \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন} \times 16}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$
$$= \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন} \times 12}{\text{কার্বনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে গ্রাম পারমাণবিক ওজন বা **গ্রাম পরমাণু** বলে।

$$1 \text{ পারমাণবিক ভর একক (a. m. u.)} = \frac{1}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম}$$

আইসোটোপ ঃ একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজন সম্পন্ন পরমাণু বর্তমান থাকিলে উহারা পরস্পরের আইসোটোপ বা সমস্থানিক।

আইসোবার ঃ বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর পারমাণবিক গুরুত্ব একই হইলে একটিকে অপরটির আইসোবার বলে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. সূত্র, প্রকল্প এবং তত্ত্ব কাহাকে বলে? ইহাদের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর।

2. (a) ভরের নিত্যতা সূত্র বিবৃত কর। আধুনিক বিজ্ঞানের ধারণা অনুসারে ভরের নিত্যতা সূত্র কতটা ঠিক বুঝাইয়া দাও।

(b) ভরের নিত্যতা সূত্রের একটি পরীক্ষাগত প্রমাণ দাও। এক টুকরা লোহাকে আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার ওজন বৃদ্ধি পায়। ভরের নিত্যতা সূত্র দ্বারা ইহাকে কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে?

3. এক টুকরা কয়লা দহন করিলে উহার ওজন হ্রাস পায়। একটি প্রদীপ জ্বালিয়া রাখিলে কিছু সময় পরে উহার তেল সম্পূর্ণভাবে নিঃশেষিত হয়। ভরের নিত্যতা সূত্র দ্বারা এই পরিবর্তনকে ব্যাখ্যা কর।

4. ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা ভরের নিত্যতা সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

5. স্থির অনুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্রটি একটি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিয়া দেখাও। ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

6. স্থির অনুপাত সূত্রটি বিবৃত করিয়া সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। [Tripura H. S. 1982, 1984] দেখাও যে, স্থির অনুপাত সূত্রের বিপরীত বক্তব্যটি সব সময় সত্য নয়। কয়েকটি উদাহরণ দাও যেখানে স্থিরানুপাত সূত্র প্রয়োগ করা যায় না।

7. (a) গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। উদাহরণের সাহায্যে সূত্রটি বুঝাইয়া দাও। [H. S. 1978, 1984, Tripura H. S. 1981, 1983, 1985]

(b) নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির সংযুতি গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ—উক্তিটির ব্যাখ্যা কর।

(c) কতকগুলি ক্ষেত্রে গুণানুপাত সূত্র খাটে না—উদাহরণ দিয়া উক্তিটির যথার্থতা প্রমাণ কর। [H. S. 1978]

8. পরীক্ষার দ্বারা গুণানুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমাণ কর।

9. ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে গুণানুপাত সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1978]

10. মিথানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর এবং উপযুক্ত উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও। [H. S. 1983, Tripura H. S. 1980, J. E. '79]

11. মিথানুপাত সূত্রটি তুল্যাঙ্কভার সূত্র ছাড়া কিছুই নহে—ইহা উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

12. ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে মিথানুপাত সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1980]

13. গে লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্রটি বিবৃত করিয়া ব্যাখ্যা কর। [Tripura H. S. 1080, 1984, H. S. 1984] অন্যান্য রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সহিত এই সূত্রের পার্থক্য নির্দেশ কর।

14. ডালটনের পরমাণুবাদের বক্তব্যগুলি লিখ। ডালটনের পরমাণুবাদ ত্রুটিমুক্ত নয় তথাপি রসায়নবিজ্ঞানে ইহার গুরুত্ব অসীম—ইহা বুঝাইয়া দাও। ডালটনের 'পরমাণু'র সঙ্গে আধুনিক 'পরমাণু'র পার্থক্য কোথায়?

15. গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না কেন?

16. মিথানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও এই সূত্র হইতে কি করিয়া মৌলের তুল্যাঙ্কভার সম্বন্ধে ধারণা আসিল। [J. E. 1979]

17. পারমাণবিক গুরুত্ব এবং গ্রাম-পরমাণু বলিতে কি বুঝ? অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16 বলিতে কি বুঝায়। পারমাণবিক ভর একক (a. m. u.) বলিতে কি বুঝ? 1 পারমাণবিক ভর এককের গ্রামে প্রকাশিত ভর কত?

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত তথ্যগুলি কোন্ রাসায়নিক সংযোগ সূত্রকে সমর্থন করে ?

(a) জলে 2 a. m. u. হাইড্রোজেন 16 a.m.u. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইডে 3 a.m.u. হাইড্রোজেন 48 a.m.u. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

(b) 2 a.m.u. হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন সালফাইডে এবং জলে যথাক্রমে 32 a.m.u. সালফারের সঙ্গে এবং 16 a.m.u. অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

(c) এক গ্রাম কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উত্তপ্ত করিবার পর 1·25 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া গেল। অন্য একটি পরীক্ষায় 1·5 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 1·2 গ্রাম ধাতব কপার পাওয়া যায়।

2. H_2S এবং H_2O সঙ্কেতের সাহায্য লইয়া সালফার এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। প্রাপ্ত তুল্যাঙ্কভারের ভিত্তিতে SO_2 এবং SO_3-এর গঠন কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে ?

3. একটি যৌগকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল উহাতে বর্তমান আয়োডিনের ওজন এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 254 : 80 (I=127, O=16)। যৌগটির সঠিক সঙ্কেত কোন্‌টি ? (i) IO, (ii) I_2O, (iii) I_5O_2 এবং (iv) I_2O_5।

4. 1 গ্রাম হাইড্রোজেন 80 গ্রাম ব্রোমিনের সঙ্গে যুক্ত হয়। 1 গ্রাম ক্যালসিয়াম 4 গ্রাম ব্রোমিনের সঙ্গে যুক্ত হইলে ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কোন্‌টি ? (i) 4, (ii) 40, (iii) 20, (iv) 80।

5. রাসায়নিক সংযোগ-সংক্রান্ত নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলির কোন্‌টি ঠিক এবং কোন্‌টি ভুল ? (i) পদার্থের বিনাশ হয় না, (ii) অণুর বিনাশ হয় না, (iii) পরমাণুর বিনাশ নাই, (iv) গ্রাম-অণুর বিনাশ হইতে পারে।

6. A এবং B-এর পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 12·0 এবং 35·5। A এবং B যুক্ত হইয়া X গঠন করে। যদি B-এর 4 গ্রাম-অণু A-এর 1 গ্রাম-অণুর সহিত যুক্ত হইয়া X-এর 1 গ্রাম-অণু গঠন করে তাহা হইলে 1 মোল X-এর ওজন (i) 47·5 গ্রাম, (ii) 74·0 গ্রাম, (iii) 154·0 গ্রাম, (iv) 166·0 গ্রাম—কোন্‌টি সঠিক ?

7. একটি মৌলের নিম্নলিখিত চারিটি ধর্মের কোন্‌টি পূর্ণসংখ্যা ?

(i) পারমাণবিক ওজন, (ii) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, (iii) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক, (iv) পারমাণবিক আয়তন।

8. একটি মৌল A তিনটি যৌগ গঠন করে। উহাদের আণবিক ওজন যথাক্রমে 82, 64 এবং 57। এই তিনটি যৌগের এক গ্রাম-অণুতে A-এর পরিমাণ যথাক্রমে

36 গ্রাম, 24 গ্রাম এবং 48 গ্রাম। মৌলটির পারমাণবিক ওজন (i) 24, (ii) 12, (3) 48, (4) ইহাদের মধ্যে কোনটিই নয়—কোন্‌টি ঠিক ?

9. দুইটি মৌল A এবং B পরস্পর যুক্ত হইয়া তিনটি যৌগ দেয়। যৌগ তিনটির মধ্যে যথাক্রমে 25%, 14·2% এবং 7·7% B আছে। প্রদত্ত তথ্য কোন্ সূত্রসম্মত—(i) স্থিরানুপাত সূত্র, (ii) গুণানুপাত সূত্র, (iii) মিথানুপাত সূত্র, (iv) পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র।

10. 0·5 গ্রাম অক্সিজেন আছে এমন একটি বদ্ধপাত্রে 1·0 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামকে দগ্ধ করা হইল। (i) কোন্ বিক্রিয়ক অবশিষ্ট থাকিবে ? (ii) অবশিষ্ট বিক্রিয়কের ওজন কত ? (iii) পাত্রে বর্তমান অবশেষকে দ্রবীভূত করিতে কত মিলিমিটার 0·5 (N) H_2SO_4-এর প্রয়োজন ? [I. I. T. 1980]

11. কোন্‌টি সঠিক বল—

(a) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থের মোট ওজন বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের তুলনায় (i) কম, (ii) বেশি, (iii) সমান।

(b) দুইটি মৌল রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হইবার সময় উহারা যুক্ত হয় উহাদের (i) তুল্যাঙ্কভরের অনুপাতে, (ii) যোজ্যতার অনুপাতে, (iii) পারমাণবিক ওজনের অনুপাতে, (iv) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের অনুপাতে।

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড দেয়। নিম্নে প্রদত্ত তথ্যের সাহায্য লইয়া উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বাহির কর।

(i) ব্যবহৃত ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ওজন=10·0 গ্রাম

(ii) উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অক্সাইডের পরিমাণ=5·6 গ্রাম (উঃ। 4·4 গ্রাম)

2. 1·49 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং 0·96 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে কত ওজনের পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন ? (উঃ। 2·45 গ্রাম)

3. 5·85 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং 1·8 গ্রাম জল উৎপন্ন করিতে 3·65 গ্রাম হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড কত গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিবে ? (উঃ। 4·0 গ্রাম)

4. 3·2 গ্রাম মিথেনকে অক্সিজেনের দ্বারা পূর্ণ দহন করিলে 8·8 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 7·2 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল ভরের নিত্যতা সূত্রকে সমর্থন করে।

5. 1·2 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 4·9 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 6·0 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সালফেট এবং S. T. P.-তে 1120 মিলিলিটার হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল ভরের নিত্যতা সূত্রকে সমর্থন করে। (S. T. P.-তে 22400 মিলিলিটার হাইড্রোজেন গ্যাস=2 গ্রাম)

6. 3·12 গ্রাম সিলভার সালফেট আছে এমন একটি দ্রবণ, 3·04 গ্রাম ফেরাস সালফেট আছে এমন একটি দ্রবণে যোগ করা হইল। ইহার ফলে 2·16 গ্রাম ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হইল। দ্রবণে উৎপন্ন ফেরিক সালফেটের ওজন কত?

(উঃ। 4·0 গ্রাম)

7. অশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি নমুনার রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে, নমুনাটিতে শতকরা 54·6 ভাগ ক্লোরিন আছে। সোডিয়াম ক্লোরাইডের রাসায়নিক সঙ্কেত NaCl। নমুনাটিতে শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে? ($Na=23$, $Cl=35{\cdot}5$).

এই অঙ্কটি করিতে কোন্ রাসায়নিক সূত্রের সাহায্য লইতে হইবে? (উঃ। 90%)

8. একটি ধাতুর 2·16 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2·7 গ্রাম অক্সাইড গঠন করে। আবার অক্সাইডটির 1·15 গ্রাম হইতে 0·92 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে, প্রদত্ত ফলটি স্থিরানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন।

[Punjab H. S. 1965]

9. লেড অক্সাইডের তিনটি নমুনা লইয়া রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিলে নিম্নলিখিত ফল পাওয়া যায়:

(i) 4·724 গ্রাম লেড হইতে 5·18 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়।
(ii) 3·690 গ্রাম অক্সাইড হইতে 3·405 গ্রাম লেড পাওয়া যায়।
(iii) 1·605 গ্রাম লেড হইতে 1·76 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়।

দেখাও যে, প্রদত্ত ফল স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

10. অবিশুদ্ধ 'হাইপোর' ($Na_2S_2O_3, 5H_2O$) একটি নমুনাতে 19·35% সালফার (S) বর্তমান। নমুনাটিতে বিশুদ্ধ 'হাইপো' শতকরা কত পরিমাণ আছে? ধরিয়া লও যে, অশুদ্ধিতে কোনও S নাই।

11. 1·375 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে বিজারিত করিলে 1·098 গ্রাম কপার পাওয়া যায়। অপর একটি পরীক্ষায় 1·179 গ্রাম কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া কপারের নাইট্রেট লবণ গঠন করা হইল। উৎপন্ন কপার নাইট্রেটকে উচ্চচাপে উত্তপ্ত করিয়া 1·476 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডে রূপান্তরিত করা হইল। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

[D. H. S. 1947, 1962]

12. কপার সালফেট কেলাসে 25·45% কপার এবং 36·07% জল আছে। যদি স্থিরানুপাত সূত্র সত্য হয় তাহলে 5 গ্রাম কপার সালফেট কেলাস প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম কপারের প্রয়োজন হইবে এবং ইহাতে কত গ্রাম জল বর্তমান থাকিবে?

(উঃ। $Cu=1{\cdot}2725$ গ্রা ; জল$=1{\cdot}8035$ গ্রা)

13. স্টাস (Stas) বিভিন্ন উপায়ে সিলভার ক্লোরাইড প্রস্তুত করেন। এক একটি পদ্ধতিতে ব্যবহৃত সিলভারের (Ag) পরিমাণ এবং উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের (AgCl) পরিমাণ দেওয়া হইল।

ব্যবহৃত Ag-এর ওজন	উৎপন্ন AgCl-এর ওজন
(i) 107·88 গ্রাম	143·340 গ্রাম
(ii) 35·960 গ্রাম	47·780 গ্রাম

দেখাও যে, প্রদত্ত পরীক্ষার ফল স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

[Veenkateshwara, 1967]

14. (i) 2·4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামকে বাতাসে উত্তপ্ত করিলে 4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

(ii) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিয়া যে-ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায় তাহাতে ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ 60% এবং অক্সিজেনের পরিমাণ 40%। দেখাও যে, প্রদত্ত ফলটি স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

15. 10 গ্রাম সিলভার হইতে 13·275 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। 30 গ্রাম লেড হইতে 43·900 গ্রাম লেড সালফেট পাওয়া যায়। 10 গ্রাম লেড ক্লোরাইড সিলভার নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 10·320 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এই সিলভার ক্লোরাইডে 10 গ্রাম লেড ক্লোরাইডে যত পরিমাণ ক্লোরিন ছিল ঠিক তত পরিমাণ ক্লোরিন আছে। আবার 10 গ্রাম লেড ক্লোরাইড সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 10·920 গ্রাম লেড সালফেট উৎপন্ন করে। প্রদত্ত ফল হইতে লেড ক্লোরাইডে লেড ও ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ বাহির কর। [উঃ। লেড=74·62% ; ক্লোরিন=25·46%]

16. কিছু পরিমাণ কালো কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া 1·08 গ্রাম জল পাওয়া গেল। কালো কপার অক্সাইডটি 0·96 গ্রাম ওজন হারাল। অপর একটি পরীক্ষায় দেখা গেল 150 c.c. হাইড্রোজেন, জল গঠন করিতে, ঠিক 75 c.c. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইল। অক্সিজেন গ্যাস সম-আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা 16 গুণ ভারী হইলে দেখাও যে, প্রদত্ত ফল স্থিরানুপাত সূত্রসম্মত।

17. 1·021 গ্রাম একটি ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উহার নাইট্রেটে পরিণত করা হইল। অতঃপর উৎপন্ন নাইট্রেটকে উত্তাপ প্রয়োগে 1·100 গ্রাম অক্সাইডে পরিণত করা হইল। অন্য একটি পরীক্ষায় 5 গ্রাম অক্সাইড, (যাহা ধাতুটির হাইড্রক্সাইডকে উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া প্রস্তুত করা হইয়াছে) হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 4·640 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

18. 20 মিলিমিটার হাইড্রোজেন 10 মিলিলিটার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল গঠন করে। উত্তপ্ত CuO-এর উপর 400 মিলিলিটার হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে ইহার ওজন 0·286 গ্রাম হ্রাস পায়। প্রদত্ত তথ্য কি স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে?

19. সম্বলপুরের চুনাপাথরকে (limestone) বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল ইহাতে 40% ক্যালসিয়াম, 12% কার্বন এবং 48% অক্সিজেন আছে। স্থিরানুপাত সূত্র সত্য হইলে যোধপুর হইতে আনা চুনাপাথরের 1·22 গ্রামে মৌলগুলি কি কি পরিমাণে থাকিবে ?

[উঃ। Ca=0·488 gm ; C=0·1464 gm ; O=0·5856 gm]

20. পাকিস্তানের একটি খনি হইতে প্রাপ্ত খাদ্য লবণের 0·5 গ্রামে 0·3035 গ্রাম ক্লোরিন বর্তমান। অপরপক্ষে ভারত মহাসাগরের জল হইতে প্রাপ্ত খাদ্যলবণের 0·80 গ্রামে ক্লোরিনের পরিমাণ 0·486 গ্রাম। প্রদত্ত তথ্য হইতে স্থিরানুপাত সূত্রটি প্রমাণ কর।

21. একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 65·5% এবং 56% ক্লোরিন বর্তমান। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

[উঃ। ক্লোরিনের ওজন স্থির রাখিলে ধাতুর ওজন অনুপাত 3 : 2]

22. একটি মৌলের দুইটি অক্সাইডের একটির 4·20 গ্রামে মৌলটির পরিমাণ 3·372 গ্রাম এবং অপরটির 3·12 গ্রামে মৌলটির পরিমাণ 2·492 গ্রাম। দেখাও যে, প্রদত্ত তথ্য গুণানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন।

23. একটি ধাতুর চারিটি অক্সাইডে ধাতু এবং অক্সিজেনের পরিমাণ নিম্নে দেওয়া হইল :

	ধাতু	অক্সিজেন
(i)	2·554	0·10
(ii)	2·5950	0·20
(iii)	3·2504	0·375
(iv)	4·055	0·6262

দেখাও যে, উল্লিখিত ফলটি গুণানুপাত সূত্রসম্মত।

24. দুইটি মৌল A এবং B পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া দুইটি যৌগ দেয়। উহাদের একটিতে A-এর পরিমাণ 92·31% এবং অপরটিতে A-এর পরিমাণ 75%। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

25. মারকারির দুইটি ক্লোরাইড যৌগে মারকারির পরিমাণ যথাক্রমে 85% এবং 73·9% মারকারি বর্তমান। দেখাও যে, ইহা গুণানুপাত সূত্রকে অনুসরণ করে।

26. একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে। উচ্চতর অক্সাইডটিতে ধাতুর পরিমাণ 80% এবং নিম্নতর অক্সাইডের 0·72 গ্রামকে জারিত করিলে 0·80 গ্রাম উচ্চতর অক্সাইড পাওয়া যায়। দুইটি অক্সাইডে নির্দিষ্ট পরিমাণ ধাতুর সহিত অক্সিজেনের ওজন বাহির কর এবং দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে। [Bombay F. Y. Sc. 1967]

27. লিথার্জ এবং রেড লেড হইল লেডের দুইটি অক্সাইড। লিথার্জে লেডের

(Pb) পরিমাণ 92·8% এবং রেড লেডে লেডের (Pb) পরিমাণ 90·6%। যদি লিথার্জের সঙ্কেত PbO হয় তাহা হইল রেড লেডের সঙ্কেত নির্ণয় কর।

28. নাইট্রোজেনের দুইটি অক্সাইডের একটির 11 গ্রাম হইতে N. T. P.-তে 5·6 লিটার নাইট্রোজেন এবং অপর অক্সাইডে 15 গ্রাম হইতে N. T. P.-তে 5·6 লিটার নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে। [U. P. Inter, 1964]

29. কপারের দুইটি অক্সাইডের প্রত্যেকটির 1 গ্রামকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·888 গ্রাম এবং 0·798 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্র-অনুসারী। [Delhi 1965, J. E. 1974]

30. একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 37·5% এবং 54·2% ক্লোরিন বর্তমান। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে। [Bihar, 1965]

31. (i) লিথার্জে 7·17% অক্সিজেন এবং বাকি লেড বর্তমান

(ii) রেড লেডে 9·34% " " "

(iii) লেড পার-অক্সাইডে 13·39 % " " "

দেখাও যে, উপরের তথ্য গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

[Bombay F. Y. Sc. 1970]

32. (i) 0·3 গ্রাম A 0·4 গ্রাম B-এর সহিত যুক্ত হইয়া 0·7 গ্রাম একটি যৌগ গঠন করে।

(ii) 18·0 গ্রাম A এবং 48·0 গ্রাম B-এর সহিত যুক্ত হইয়া অপর একটি যৌগ গঠন করে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রসম্মত। [Punjab, 1970]

33. আয়রনের (Fe) দুইটি অক্সাইডের একটিতে 30% অক্সিজেন এবং অপরটিতে 27·6% অক্সিজেন আছে। প্রথম অক্সাইডের সঙ্কেত Fe_2O_3 হইলে আয়রনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। দ্বিতীয় অক্সাইডটির সঙ্কেত কি হইবে?

(উঃ। Fe=56, সঙ্কেত Fe_3O_4)

34. একটি ধাতু তিনটি অক্সাইড গঠন করে। ধাতুটির

(i) 2·173 গ্রাম প্রথম অক্সাইড হইতে 2·017 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়।

(ii) 1·949 গ্রাম দ্বিতীয় অক্সাইড হইতে 1·688 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়।

(iii) 2·316 গ্রাম তৃতীয় অক্সাইড হইতে 2·100 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে, প্রদত্ত ফলটি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে। [Punjab, 1924]

35. A এবং B যৌগ দুইটি পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া 5টি যৌগ গঠন করে। এই যৌগগুলির রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফল নিম্নে দেওয়া হইল। একটি যৌগের ক্ষেত্রে বিশ্লেষণের ফলটি ভুল ছিল।

	A-এর পরিমাণ	**B-এর পরিমাণ**
(i)	1·50 গ্রাম	4·0 গ্রাম
(ii)	3·00 "	4·00 "

	A-এর পরিমাণ	B-এর পরিমাণ
(iii)	1·50 "	1·4 "
(iv)	0·75 "	1·0 "
(v)	0·75 "	2·0 "

কোন্ যৌগটির বিশ্লেষণ ভুল ছিল ?

(ii) এবং (v) যৌগ দুইটির সম্ভাব্য সঙ্কেত বাহির কর।

[উঃ। (iii) ভুল, (ii) AB, (v) AB_2]

36. A_2B_3 যৌগে B-এর পরিমাণ 30% হইলে 26 গ্রাম A_3B_4 যৌগে A-এর পরিমাণ কত ? (উঃ। A=18·2 গ্রাম)

37. একটি ধাতু দুইটি অক্সাইড গঠন করে। প্রথম অক্সাইডের 2 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 0·2517 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। অপর দিকে দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রামকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া যায়। দেখাও যে, ইহা গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

[J. E. 1972]

38. একটি ধাতু M ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া দুইটি ক্লোরাইডে যৌগ A এবং B দেয়। A যৌগে M-এর ওজন : ক্লোরিনের ওজন=0·895 : 1 এবং B যৌগে M-এর ওজন : ক্লোরিনের ওজন=1·731 : 1

(a) উপরে উল্লিখিত ফলটি কোন্ রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সহিত সঙ্গতিপূর্ণ এবং কেমন করে ?

(b) উল্লিখিত ফলের ভিত্তিতে নিম্নে প্রদত্ত ক্লোরাইড যৌগযুগলের মধ্যে কোন্ জোড়টি সঠিক ?

	যৌগ A	যৌগ B
(i)	MCl	M_2Cl
(ii)	MCl	MCl_3
(iii)	MCl_2	MCl
(iv)	MCl_3	M_2Cl_3

[I. I. T. 1969]

[উঃ। (a) গুণানুপাত সূত্র, (b) (iii)]

39. আয়রনের তিনটি অক্সাইডের ওজনগত সংযুতি নিম্নে দেওয়া হইল :

(i) Fe=77·78% O=22·22%

(ii) Fe=70·0% O=30%

(iii) Fe=72·42% O=27·58%

দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে। [I. I. T. 1963]

40. X ধাতুর তিনটি অক্সাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ যথাক্রমে 23·5%, 31·6% এবং 48·0%। দেখাও যে, ফলটি গুণানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন।

41. (a) একটি ধাতু M দুইটি অক্সাইড গঠন করে। অক্সাইড দুইটির একটিতে

77·78% এবং অপরটিতে 70% ধাতু বর্তমান। দেখাও যে, ইহা গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

(b) M-এর পারমাণবিক ওজন 56 হইলে ইহার যে অক্সাইডে 70% ধাতু আছে তাহার স্থূল সঙ্কেত কি হইবে? [উঃ। M_2O_3]

42. দুইটি হাইড্রকার্বনের একটির 0·016 গ্রাম অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত দহন করিলে 15°C তাপমাত্রায় এবং 755 মিমি চাপে 23·9 মিলিলিটার CO_2 উৎপন্ন করে। অপরটির 0·052 গ্রাম অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত দহন করিলে একই অবস্থায় 55·8 মিলিলিটার CO_2 উৎপন্ন করে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল গুণানুপাত সূত্র অনুসারী।

43. তিনটি মৌল A, B এবং C, AB, AC এবং BC যৌগ গঠন করে। AB-তে 75% A, AC-তে 57·14% C এবং BC-তে 11·11% B বর্তমান। প্রমাণ কর যে, ইহা মিথানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন। [B. F. Y. Sc. 1964]

44. (i) পটাসিয়াম ক্লোরাইডে 52% পটাসিয়াম আছে। (ii) পটাসিয়াম আয়োডাইডে 23·6% পটাসিয়াম আছে। (iii) আয়োডিন ক্লোরাইডে 78·2% আয়োডিন আছে। ইহা হইতে মিথানুপাত সূত্র প্রমাণ কর। [M. P. 1963]

45. (i) 0·1 গ্রাম হাইড্রোজেন 0·8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

(ii) 2 গ্রাম হাইড্রোজেন 32 গ্রাম সালফারের সহিত যুক্ত হয়।

(iii) 2 গ্রাম সালফার 2 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। প্রদত্ত ফলগুলি হইতে দেখাও যে, ইহা মিথানুপাত সূত্রকে সমর্থন করিতেছে।

46. কপার অক্সাইডে 79·9% কপার আছে এবং কপার সালফাইডে 66·5% কপার আছে। সালফার ট্রাই-অক্সাইডে 40·1% সালফার বর্তমান। দেখাও যে, প্রদত্ত তথ্য মিথানুপাত সূত্রকে প্রমাণ করে।

47. হাইড্রোজেন সালফাইডে 5·88%, জলে 11·11% হাইড্রোজেন আছে। সালফার ডাই-অক্সাইডে 50% সালফার বর্তমান। দেখাও যে, ইহা মিথানুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন। [I. I. T. 1962]

48. একটি মৌল A-এর 0·14 গ্রাম অপর একটি মৌল B-এর 0·16 গ্রামের সহিত যুক্ত হয়। তৃতীয় একটি মৌল C-এর 0·05 গ্রাম 0·35 গ্রাম A-এর সহিত যুক্ত হইতে পারে। আবার ইহা দেখা গেল যে, C-এর 0·2857 গ্রাম B-এর 2·2857 গ্রামের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। প্রদত্ত তথ্য তুল্যাঙ্কভার সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ কিনা বল। [D. H. S. 1967]

49. 0·46 গ্রাম Mg হইতে 0·77 গ্রাম MgO পাওয়া যায়। 0·812 গ্রাম Mg লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া N. T. P.-তে 760 ml H_2 উৎপন্ন করে। 1·26 গ্রাম জলে 1·12 গ্রাম অক্সিজেন। দেখাও যে, প্রদত্ত তথ্য নিয়মানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

50. ফসফিনে (PH_3) ফসফরাসের পরিমাণ 91·1% এবং হাইড্রোজেনের

পরিমাণ 8·9%, জলে (H_2O) অক্সিজেনের 88·8% এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণ 11·2%। P_4O_6-এ ফসফরাসের এবং অক্সিজেনের পরিমাণ যথাক্রমে 56·4% এবং 43·6%। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল মিথানুপাত সূত্রসম্মত।

[Nagpur Pre-Univ. 1967]

51. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন 16 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। 100 গ্রাম ক্লোরিন মনোক্সাইড ও 18·39 গ্রাম অক্সিজেন আছে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল মিথানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

52. 300 c.c. হাইড্রোজেন 150 c.c. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। 100 c.c. হাইড্রোজেন 100 c.c. ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে। ক্লোরিনের একটি অক্সাইডের কিছু পরিমাণ লইয়া উত্তপ্ত করিলে ইহা ভাঙিয়া 100 c.c. ক্লোরিন এবং 200 c.c. অক্সিজেন উৎপন্ন করে। দেখাও যে, প্রদত্ত ফল মিথানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

53. নিম্নলিখিত তথ্য ইহতে মিথানুপাত সূত্রটিকে প্রমাণ কর :

মিথেন গ্যাস	কার্বন মনোক্সাইড	জল
C=75%	C=42·86%	H=11·11%
H=25%	O=57·14%	O=88·89%

54. কার্বন ডাই-অক্সাইডে 27·27% কার্বন আছে। কার্বন ডাই-অক্সাইডে 15·79% কার্বন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডে 50% সালফার আছে। প্রমাণ কর যে, প্রদত্ত তথ্য মিথানুপাত সূত্রসম্মত।

55. M ধাতুর তিনটি অক্সাইড A, B এবং C বর্তমান। হাইড্রোজেন দ্বারা অক্সাইডগুলি বিজারিত করিলে 1·6 গ্রাম A হইতে 1·28 গ্রাম M পাওয়া যায়, 1·44 গ্রাম B হইতে 1·28 গ্রাম M পাওয়া যায়। 1·00 গ্রাম C হইতে 0·80 গ্রাম M পাওয়া যায়। প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে M-এর কত ভর এক গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবে? প্রদত্ত ফল দ্বারা রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের কোন্ সূত্র দুইটি প্রমাণিত হইবে? যদি A-এর সঙ্কেত MO হয় তাহা হইলে B এবং C-এর সঙ্কেত নির্ণয় কর। (O=16)

56. M ধাতুকে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে 1·12 গ্রাম ধাতুতে 3·25 অনার্দ্র ক্লোরাইড A পাওয়া যায়। শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উত্তপ্ত করিলে 1·4 গ্রাম ধাতু হইতে 3·17 গ্রাম অনার্দ্র ক্লোরাইড B পাওয়া যায়। এই ক্লোরাইড যৌগ দুইটির ক্ষেত্রে M-এর কত ভর এক গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে? ইহা দ্বারা রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের কোন্‌টি প্রমাণিত হয়? A-এর সঙ্কেত MCl_3 হইলে B-এর সঙ্কেত নির্ণয় কর। M-এর সালফেট যৌগ দুইটির সঙ্কেত কি হইবে? (Cl=35·5)

৩

অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প এবং অণুবাদ

(AVOGADRO'S HYPOTHESIS AND MOLECULAR THEORY)

[**Syllabus** : Concept of Molecule and Avogadro's Hypothesis. Definition of molecular weight ; Simple deductions from Avogadro's Hypothesis. Elementary idea about Avogadro's Number. Mole concept-numerical problems on the concept]

গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র থেকে আমরা জানিতে পারি যে, একই উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসীয় পদার্থগুলির বিক্রিয়া উহাদের আয়তনের সরল সংখ্যার অনুপাতে ঘটে এবং উৎপন্ন পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তাহা হইলে বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তন এবং বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসের আয়তন একটি সরল অনুপাতে থাকে। যেমন পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, একই চাপ ও উষ্ণতায় দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প সৃষ্টি করে। সুতরাং হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং জলীয় বাষ্পের অনুপাত 2 : 1 : 2। অনুরূপভাবে এক আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া দুই আয়তন হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। এই ক্ষেত্রে আয়তনগুলির অনুপাত 1 : 1 : 2।

আবার ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে বিভিন্ন পরমাণু ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগের ক্ষুদ্রতম কণা গঠন করে। ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব এবং গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্রের মধ্যে একটি সামঞ্জস্য সংস্থাপনের উদ্দেশ্যে **বার্জেলিয়াস** একটি প্রকল্প দেন। তাহা হইল **একই তাপমাত্রা ও চাপে সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক পরমাণু বর্তমান।** এ কথা মনে রাখিতে হইবে যে, বার্জেলিয়াসের (Berzelius) সময় যৌগের এবং মৌলের ক্ষুদ্রতম কণাকে পরমাণু বলা হইত। পরবর্তী কালে দেখা যায় যে, বার্জেলিয়াসের প্রকল্প ঠিক নহে। বার্জেলিয়াসের প্রকল্প ঠিক হইলে মৌলের পরমাণু বিভাজ্য হইয়া পড়ে যাহা ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের বিরোধী।

বার্জেলিয়াসের প্রকল্পের ব্যর্থতার কারণ : বার্জেলিয়াসের প্রকল্প ব্যর্থ হইয়াছিল কারণ প্রকল্পের পক্ষে যুক্তিগুলি নির্ভুল ছিল না। নিয়লিখিত পরীক্ষাগুলি পর্যালোচনা করিলে তাহা সম্যকরূপে বুঝা যাইবে।

(a) প্রকৃত পরীক্ষায় জানা গিয়াছে যে, একই তাপমাত্রা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প গঠন করে।

ধরা যাক, 1 আয়তনে পরমাণুর সংখ্যা n। যেহেতু সম উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন সকল গ্যাসীয় পদার্থে সমান সংখ্যক পরমাণু বর্তমান,

∴ $2n$ পরমাণু হাইড্রোজেন n পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া $2n$ পরমাণু জলীয় বাষ্প গঠন করে।

বা, 2 পরমাণু হাইড্রোজেন 1 পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 পরমাণু জলীয় বাষ্প গঠন করে।

∴ 1 পরমাণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 1 পরমাণু জলীয় বাষ্প গঠন করে অর্থাৎ এক পরমাণু জলীয় বাষ্প গঠন করিতে একটি অক্সিজেন পরমাণুকে দুই সমান ভাগে ভাগ করিতে হইবে। ইহা ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব বিরোধী। সুতরাং এই ক্ষেত্রে বার্জেলিয়াসের প্রকল্প ব্যর্থ হইল।

(b) আবার পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে, একই তাপমাত্রা ও চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠন করে। বার্জেলিয়াসের প্রকল্প অনুসারে সমতাপমাত্রা ও চাপে সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমসংখ্যক পরমাণু বর্তমান। ধরা যাক, 1 আয়তন গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা x।

∴ x পরমাণু হাইড্রোজেন x পরমাণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া $2x$ পরমাণু হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অথবা, 1 পরমাণু হাইড্রোজেন 1 পরমাণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 2 পরমাণু হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অথবা, $\frac{1}{2}$ পরমাণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ পরমাণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 1 পরমাণু হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, 1 পরমাণু হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠন করিতে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং ক্লোরিন পরমাণু দ্বিধা বিভক্ত হইতেছে। ইহা ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব বিরোধী। সুতরাং বার্জেলিয়াসের প্রকল্প এই ক্ষেত্রেও ব্যর্থ হইল। অনুরূপ অন্যান্য গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দেখা যায়, বার্জেলিয়াসের প্রকল্প প্রয়োগ করিতে গেলে ডালটনের পরমাণু তত্ত্বের বিরোধিতা করিতে হয়। সুতরাং বার্জেলিয়াসের প্রকল্প ত্রুটিপূর্ণ। এই অসামঞ্জস্য দূর করেন ইটালির পদার্থবিজ্ঞানী আমাদো অ্যাভোগেড্রো (Avogadro, 1811)।

তিনি বলেন, মৌলিক এবং যৌগিক পদার্থকে ভাঙিতে ভাঙিতে দুই প্রকার ক্ষুদ্রতম কণা পাওয়া যায়। স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট যে-ক্ষুদ্রতম কণার মধ্যে পদার্থের সকল ধর্মই বর্তমান তাহাকে তিনি অণু (molecule) আখ্যা দেন। অণু বিভাজ্য এবং ইহাকে ভাঙিলে দ্বিতীয় প্রকার কণা অর্থাৎ পরমাণু পাওয়া যায়। পরমাণুই পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা। পরমাণুর কোন স্বাধীন সত্তা না-ও থাকিতে পারে। পরমাণুগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগের অণু গঠন করে, অথবা কোন যৌগ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া অন্য কোনও যৌগে বা মৌলে স্থানান্তরিত হয়।

বিক্রিয়ার পূর্বে অণুগুলি পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় এবং উৎপন্ন পরমাণুগুলি সরল অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। কোনও মৌলের অণু মৌলটির কয়েকটি পরমাণু দ্বারা গঠিত (যেমন, অক্সিজেনের দুইটি পরমাণু লইয়া অক্সিজেনের একটি অণু গঠিত), যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাগুলি অর্থাৎ অণুগুলি বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর দ্বারা গঠিত। কোনও যৌগের একটি অণুকে ভাঙিলে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু পাওয়া যাইবে। (জলের একটি অণুকে ভাঙিলে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন পরমাণু পাওয়া যাইবে) অণুকে বিভক্ত করা সম্ভব হইলেও পরমাণু অবিভাজ্য। তাঁহার মতে, মৌল গ্যাসের মধ্যে স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট কণাগুলি অণু, পরমাণু নহে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসগুলির আয়তনের সঙ্গে অণুর সংখ্যার সম্পর্ক আছে। তাই তিনি বার্জেলিয়াসের প্রকল্পকে সংশোধিত করিয়া একটি প্রকল্প দেন। তাহা অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প নামে পরিচিত।



চিত্র 3.1 অ্যাভোগেড্রো

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প ঃ অ্যাভোগেড্রোর সিদ্ধান্ত অনুযায়ী "একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন সকল মৌলিক এবং যৌগিক গ্যাসে সমানসংখ্যক অণু বর্তমান।"

এই প্রকল্প অনুসারে নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় 1000 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসে *n*-সংখ্যক অণু থাকিলে সমচাপ ও তাপমাত্রায় 1000 c.c. অক্সিজেন অথবা 1000 c.c. জলীয় বাষ্পে *n*-সংখ্যক অণু থাকিবে।

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্পের সাফল্য ঃ এই প্রকল্প বার্জেলিয়াসের প্রকল্পের ত্রুটিগুলি অপসারণ করিয়াছে এবং ডালটনের পরমাণুবাদের ভিত্তিতে গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ব্যাখ্যা করিতে সমর্থ হইয়াছে। নিম্নলিখিত উদাহরণে ইহা পরিষ্কার হইবে।

আগেই বলা হইয়াছে যে, নির্দিষ্ট চাপ এবং তাপমাত্রায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে সমচাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমানসংখ্যক অণু বর্তমান। ধরি, 1 আয়তন গ্যাসে অণুর সংখ্যা n।

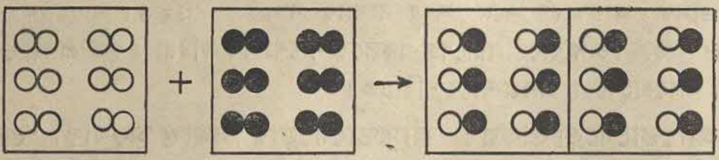
$\therefore$ n অণু হাইড্রোজেন n অণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া $2n$ অণু হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

$\therefore$ 1 অণু হাইড্রোজেন 1 অণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অথবা $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 1 অণু

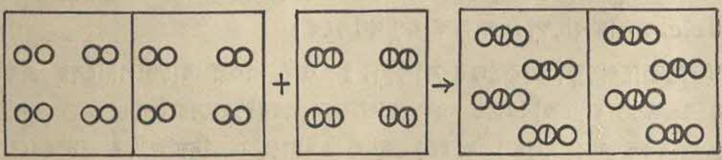
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। সুতরাং 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করিতে ½ অণু হাইড্রোজেন এবং ½ অণু ক্লোরিন লাগিবে। ইহা ডালটনের পরমাণুবাদের বিরোধী নহে, কারণ পরমাণু অবিভাজ্য হইলেও অণু বিভাজ্য। অনুরূপভাবে অন্যান্য গ্যাসীয় বিক্রিয়াগুলিতে দেখান যায় যে, পরমাণু অবিভাজ্য হইলেও অণু বিভাজ্য বলিয়া অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প ডালটনের পরমাণুবাদের সহিত সঙ্গতিপূর্ণ।

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প দ্বারা প্রমাণ করা যায় হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি মৌলিক গ্যাসগুলির অণু দুইটি পরমাণু দিয়া তৈয়ারী অর্থাৎ দ্বিপরমাণুক (পরে প্রমাণিত হইয়াছে)। সুতরাং অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প অনুসারে হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডের এবং জলের গঠন নিয়ে ছবির সাহায্যে বুঝান হইল (চিত্র 3.2 ও 3.3)।



1 আয়তন হাইড্রোজেন   1 আয়তন ক্লোরিন   2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস

চিত্র 3.2



2 আয়তন হাইড্রোজেন   1 আয়তন অক্সিজেন   2 আয়তন জলীয় বাষ্প

চিত্র 3.3

অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্পের আলোকে ডালটনের পরমাণুবাদের নূতন রূপ (Modification of Dalton's atomic theory in the light of Avogadro's hypothesis) :

(1) প্রত্যেক মৌলিক অথবা যৌগিক পদার্থ অণুর দ্বারা নির্মিত এবং এই অণুগুলি আবার অবিভাজ্য পরমাণু দ্বারা গঠিত হইয়াছে। অণুগুলির স্বাধীন সত্তা বর্তমান। পরমাণুর স্বাধীন সত্তা না-ও থাকিতে পারে।

(2) পদার্থের অণুগুলিতে পদার্থের ধর্ম বর্তমান। একই পদার্থের সকল অণুর ভর এবং ধর্ম একই।

(3) মৌলের অণুগুলি একই প্রকার পরমাণু দ্বারা তৈয়ারী, অপরপক্ষে যৌগের অণুগুলি বিভিন্ন প্রকার পরমাণু দ্বারা গঠিত।

(4) রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়ক পদার্থগুলির অণুগুলি ভাঙিয়া পরমাণুতে পরিণত হয় এবং এই নবগঠিত পরমাণুগুলি সরল সংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হইয়া নূতন অণুর জন্ম দেয়।

অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প এবং গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র: অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ব্যাখ্যা করা যায়। ধরা যাক, A এবং B দুইটি গ্যাসীয় মৌল পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া C নামক একটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপাদন করিল।

ধরা যাক, A মৌলের x সংখ্যক অণু B মৌলের y সংখ্যক অণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া C মৌলের z সংখ্যক অণু গঠন করে। যদি একই চাপ এবং উষ্ণতায় একক আয়তন প্রতি গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকে (অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে) তাহা হইলে, $\frac{x}{n}$ আয়তন A গ্যাস, $\frac{y}{n}$ আয়তন B গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া $\frac{z}{n}$ আয়তন C গ্যাস উৎপন্ন করে। ইহাদের আয়তনের অনুপাত$=x:y:z=$ অণুগুলির অনুপাত।

$x:y:z$ অনুপাত একটি সরল সংখ্যার অনুপাত হইবেই। ইহা নিম্নলিখিত ভাবে বুঝান হইল:

যেহেতু মৌলের অণু ভগ্নাংশ হইতে পারে (যে-সকল অণু একাধিক পরমাণু দিয়া গঠিত তাহাদের ক্ষেত্রে) সেইহেতু x ও y-এর মান ভগ্নাংশ হইতে পারে। আবার যৌগের অণু ভগ্নাংশ হইতে পারে না কারণ যৌগের অণু ভাঙিলে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু পাওয়া যাইবে, যৌগের অস্তিত্ব থাকিবে না। তাই z-এর মান অবশ্যই পূর্ণসংখ্যা হইবে। ধরা যাক, $x=\frac{1}{2}$, $y=\frac{1}{2}$, $z=1$। তাহা হইলে $x:y:z=\frac{1}{2}:\frac{1}{2}:1=1:1:2$।

এইরূপ ভাবে অন্যান্য ক্ষেত্রেও দেখান যায় যে, গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র অ্যাভোগেড্রো প্রকল্পের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight): পূর্ব অধ্যায়ে পারমাণবিক ওজন সম্বন্ধে আমাদের ধারণা হইয়াছে। অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প হইতে আমরা জানিতে পারিয়াছি যে, প্রত্যেকটি পদার্থ একই বা বিভিন্ন ক্ষুদ্রতম পরমাণু দিয়া গঠিত হইলেও পদার্থের আরেকটি অবস্থা আছে যাহাকে বলা হয় আণবিক অবস্থা। মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে একাধিক একই প্রকার পরমাণু দিয়া মৌলিক পদার্থটির অণু গঠিত। যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে একাধিক বিভিন্ন পরমাণু দিয়া যৌগিক পদার্থটির অণু গঠিত। পরমাণুর ওজনের ন্যায় অণুর ওজনও একটি অতি ক্ষুদ্র সংখ্যা (এক অণু হাইড্রোজেনের ওজন$=3\cdot32\times10^{-24}$ গ্রাম) এবং

একটি অণুর ওজন প্রত্যক্ষভাবে নির্ণয় করা অসম্ভব। তাই পারমাণবিক ওজনের ন্যায় অণুর ওজন প্রকাশেরও এক তুলনামূলক রীতি বিজ্ঞানীরা প্রবর্তন করিয়াছেন এবং তাহার নাম দিয়াছেন আণবিক ওজন বা আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight)।

কোনও পদার্থের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন অপেক্ষা অথবা একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা অথবা একটি কার্বন পরমাণুর (C^{12}) ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশ অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাটিকে ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলা হয়।

অতএব, আণবিক ওজন বা আণবিক গুরুত্ব

$$=\frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$

$$=\frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}\times 16}{\text{একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন}}$$

$$=\frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}\times 12}{\text{একটি কার্বন পরমাণুর ওজন}}$$

সুতরাং ক্লোরিনের আণবিক গুরুত্ব 71 বলিতে বুঝায় ক্লোরিনের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 71 গুণ ভারি অথবা ক্লোরিনের একটি অণু অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা অথবা একটি কার্বন (C^{12}) পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশ অপেক্ষা 71 গুণ ভারি।

গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব (Gram molecule or Gram molecular weight) ঃ কোনও মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যত গ্রাম পদার্থ হয় তত গ্রাম পদার্থকে ঐ পদার্থের এক গ্রাম-অণু বা এক গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব বলে। এক গ্রাম অণুকে সংক্ষেপে 'মোল' বলে (mole)। হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন 2·016।

সুতরাং, এক গ্রাম-আণবিক ওজন হাইড্রোজেন বলিতে 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন বুঝায়। ক্লোরিনের আণবিক ওজন 71। এক গ্রাম-অণু বা এক গ্রাম-আণবিক ওজন ক্লোরিন বুঝাতে 71 গ্রাম ক্লোরিন বুঝায়।

অনুরূপভাবে, 18 গ্রাম জল হইল এক গ্রাম-অণু জল। এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড হইল 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড (18 এবং 44 যথাক্রমে জল এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন)।

গ্রাম-আণবিক আয়তন (Gram-molecular volume or molar volume) ঃ নির্দিষ্ট চাপ এবং তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণু কোন পদার্থের আয়তনকে গ্রাম-আণবিক আয়তন বলে। নির্দিষ্ট চাপ এবং তাপমাত্রায় 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন অথবা 18 গ্রাম জলীয় বাষ্পের আয়তন অথবা

2·016 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তনগুলি হইল উহাদের গ্রাম-আণবিক আয়তন। পরে দেখা যাইবে যে, প্রমাণ চাপ এবং তাপমাত্রায় (N. T. P.= 0°C 1 atmospheric pressure) সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন সমান এবং তাহার মান 22·4 লিটার অর্থাৎ 22400 c.c.

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প হইতে উদ্ভূত গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্ত (Important deductions from Avogadro's hypothesis): অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প হইতে নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তগুলি করা যায়—

(1) কতকগুলি সাধারণ মৌলিক গ্যাসের অণুগুলি দ্বিপরমাণুক অর্থাৎ উহাদের একটি অণু দুইটি পরমাণু দিয়া গঠিত।

(2) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্পঘনত্বের দ্বিগুণ।

(3) সম উষ্ণতা এবং চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন সমান এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (N. T. P. অথবা S. T. P.) তাহার মান 22·4 লিটার (22400 c. c.)।

1. কতকগুলি সাধারণ যৌগিক গ্যাসের অণু দ্বিপরমাণুক:

(a) পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে, একই তাপমাত্রা ও চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুযায়ী একই চাপ এবং উষ্ণতায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান। মনে করা যাক, এই সংখ্যা n

$\therefore$ n অণু হাইড্রোজেন n অণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া $2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অর্থাৎ 1 অণু হাইড্রোজেন 1 অণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে (ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব অনুযায়ী)।

$\therefore$ কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু আসে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে।

$\therefore$ এক অণু হাইড্রোজেনে কমপক্ষে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

অনুরূপভাবে, কমপক্ষে একটি ক্লোরিন পরমাণু $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন হইতে আসে।

সুতরাং, একটি ক্লোরিন অণুতে কমপক্ষে দুইটি ক্লোরিন পরমাণু আছে।

আবার (i) হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে সোডিয়াম ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া কখনও একাধিক লবণ পাওয়া যায় না। সুতরাং হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডের একটি অণুতে একটি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান।

সুতরাং $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন=1 পরমাণু হাইড্রোজেন

$\therefore$ 1 " " =2 " "

(ii) পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, দ্বিপরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে $\frac{C_p}{C_v}=\gamma=1{\cdot}40-1{\cdot}41$ এবং এক পরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে ইহার মান 1·66। ক্লোরিনের ক্ষেত্রে ইহার মান 1·40। এখন প্রশ্ন হইল, C_p এবং C_v কাহাকে বলে। C_p=স্থির চাপে কোন গ্যাসের আণব আপেক্ষিক তাপ। C_v=স্থির আয়তনে কোন গ্যাসের আণব আপেক্ষিক তাপ।

(b) পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া স্থির চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন জলীয় বাষ্প গঠন করে। অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুযায়ী নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় একক আয়তনে n সংখ্যক অণু বর্তমান থাকিলে,

$2n$ সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু n সংখ্যক অক্সিজেন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া $2n$ সংখ্যক জলীয় বাষ্পের অণু গঠন করে।

বা, 2টি হাইড্রোজেন অণু একটি অক্সিজেন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া 2টি জলীয় বাষ্পের অণু গঠন করে।

∴ একটি হাইড্রোজেন অণু ½ অক্সিজেন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া 1টি জলীয় বাষ্পের অণু গঠন করে।

জলীয় বাষ্পের একটি অণুতে কমপক্ষে একটি পরমাণু অক্সিজেন থাকিবে এবং এই এক পরমাণু অক্সিজেন ½ অণু অক্সিজেন হইতে আসে। সুতরাং অক্সিজেনের একটি অণুতে কমপক্ষে দুইটি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান। অক্সিজেনের ক্ষেত্রে $C_p/C_v=\gamma=1{\cdot}41$। সুতরাং অক্সিজেন দ্বিপরমাণুক।

তা ছাড়া, জলীয় বাষ্পের অক্সিজেনকে ক্লোরিন দ্বারা এক খেপে (single instalment) প্রতিস্থাপিত করা যায়। কোনও সময়েই একাধিক খেপের প্রয়োজন হয় না। তাই আমাদিগকে বিশ্বাস করিতে হয় যে, জলীয় বাষ্পের একটি অণুতে এক পরমাণু অক্সিজেন বর্তমান।

½ অণু অক্সিজেন=1 পরমাণু অক্সিজেন
1 " " =2 " "

∴ অক্সিজেন দ্বিপরমাণুক। এই ক্ষেত্রেও γ-র মান 1·41।

ঠিক এই ভাবেই প্রমাণ করা যায় যে, নাইট্রোজেন, ব্রোমিন ইত্যাদি মৌলগুলির অণু দ্বিপরমাণুক। তবে হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির অণুগুলি এক পরমাণুক। তাহাদের γ-র মান 1·66।

2. গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ।
একই চাপ এবং উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের কোন গ্যাস সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাটিকে গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব বলে।

∴ বাষ্পীয় ঘনত্ব $D=\frac{\text{Vc.c. কোনও গ্যাসের ওজন}}{\text{V.c-c হাইড্রোজেনের ওজন}}$ [একই চাপ ও তাপমাত্রায়]

Vc.c. আয়তনে n-সংখ্যক অণু থাকিলে অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প অনুসারে,

$$D = \frac{\text{গ্যাসের } n\text{-সংখ্যক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n\text{-সংখ্যক অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{n \times \text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{n \times \text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{2 \times \text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}} \text{[হাইড্রোজেন দ্বিপরমাণুক]}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{1}{2} \times M \quad \text{[M=গ্যাসের আণবিক ওজন—সংজ্ঞানুযায়ী]}$$

$$\therefore \quad M = 2D$$

3. **সম উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যৌগিক বা মৌলিক গ্যাসের আয়তন সমান এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উহার মান 22·4 লিটার।** (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপ বলিতে 0° সেন্টিগ্রেড বা 273° চরম স্কেল এবং 76 সেমি. বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বুঝায়) ইহা প্রমাণ করিতে হইলে নির্দিষ্ট চাপ তাপমাত্রায় এক-গ্রাম অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা বাহির করিতে হইবে। এই অণুর সংখ্যা যদি সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে সমান হয় তাহা হইলে অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প অনুসারে নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণু সকল গ্যাসের আয়তন সমান হইবে।

(a) ধরা যাক, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন x গ্রাম। অতএব একটি হাইড্রোজেন অণুর ওজন $2x$ গ্রাম, কারণ হাইড্রোজেন দ্বিপরমাণুক। হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন 2। অতএব গ্রাম আণবিক ওজন=2 গ্রাম।

2 গ্রাম হাইড্রোজেনে অর্থাৎ এক গ্রাম-অণু, হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা

$$\frac{1 \times 2 \text{ গ্রা}}{2x \text{ গ্রা}} = \frac{1}{x}$$

(b) অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16, আণবিক ওজন 32 অর্থাৎ একটি অক্সিজেন অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 32 গুণ ভারী। এক গ্রাম-আণবিক ওজন অক্সিজেন=32 গ্রাম অক্সিজেন। একটি অক্সিজেন অণুর ওজন $32x$ গ্রাম ($\because$ হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন=x গ্রা)। এক গ্রাম-অণু অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা $\frac{32 \text{ গ্রাম}}{32x \text{ গ্রাম}} = \frac{1}{x}$

(c) নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 14।

নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন 28 (নাইট্রোজেন দ্বিপরমাণুক)। অর্থাৎ একটি নাইট্রোজেন অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 28 গুণ ভারী। সুতরাং নাইট্রোজেনের একটি অণুর ওজন=$28x$ গ্রাম (একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন

$=x$ গ্রাম)। এক গ্রাম-অণু নাইট্রোজেন=28 গ্রাম নাইট্রোজেন। ∴ এক গ্রাম-অণু নাইট্রোজেনে অণুর সংখ্যা$=\frac{28 \text{ গ্রা}}{28x \text{ গ্রা}}=\frac{1}{x}$

(d) জলের বাষ্পীয় ঘনত্ব=9।

জলের আণবিক ওজন $2\times9=18$ অর্থাৎ এক অণু জল হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 18 গুণ ভারী। সুতরাং এক অণু জলের ওজন $18x$ গ্রাম।

∴ এক গ্রাম-অণু জলে অণুর সংখ্যা $\frac{18 \text{ গ্রাম}}{18x \text{ গ্রাম}}=\frac{1}{x}$

(e) কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন $2\times22=44$। অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুর ওজন $44x$ গ্রাম। এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা$=\frac{44 \text{ গ্রাম}}{44x \text{ গ্রাম}}=\frac{1}{x}$

(f) অ্যামোনিয়ার বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5। সুতরাং অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন $8{\cdot}5\times2=17$। একটি অ্যামোনিয়া অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 17 গুণ ভারী। এক অণু অ্যামোনিয়ার ওজন$=17x$ গ্রাম।

∴ এক গ্রাম অণু অ্যামোনিয়ায় অণুর সংখ্যা$=\frac{17 \text{ গ্রাম}}{17x \text{ গ্রাম}}=\frac{1}{x}$।

অনুরূপভাবে প্রমাণ করা যায় যে, সমচাপ ও তাপমাত্রায় সকল মৌলিক এবং যৌগিক গ্যাসের এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা সমান। সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুযায়ী সমচাপ ও তাপমাত্রায় **সকল গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন সমান।**

ধরা যাক, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোনও গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব D।

$$\therefore\ D=\frac{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার কোনও গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার কোনও গ্যাসের ওজন}}{0{\cdot}089 \text{ গ্রাম}}$$

[প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন=0·089 গ্রাম।]

∴ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার কোন গ্যাসের ওজন

$$=(D\times0{\cdot}089) \text{ গ্রাম}$$

কিন্তু অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুযায়ী $M=2D$

$$D=\frac{M}{2} \quad [\ M=\text{গ্যাসের আণবিক ওজন}\ ]$$

∴ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার কোন গ্যাসের ওজন

$$=\frac{M}{2}\times0{\cdot}089 \text{ গ্রাম}$$

প্রমাণ অবস্থায় $\frac{M}{2} \times 0{\cdot}089$ গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন$=1$ লিটার

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় M গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন $\frac{2 \times M}{M \times 0{\cdot}089}$ লিটার

$$= \frac{2}{0{\cdot}089} \text{ লিটার} = 22{\cdot}4 \text{ লিটার}$$

M গ্রাম গ্যাস$=1$ গ্রাম অণু গ্যাস। (M গ্যাসটির আণবিক ওজন)

সুতরাং **প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·4 লিটার।**

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ

1. আয়তনগত সংযুতি হইতে গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় (Molecular formula of a gaseous compound from its volumetric composition).

2. মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।

1. (a) কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত :

পরীক্ষার দ্বারা জানিতে পারা গিয়াছে যে, একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে 1 আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়। ধরা যাক, 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান।

অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প অনুসারে—

n অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে n অণু অক্সিজেন পাওয়া যায়

$\therefore$ 1 „ „ „ „ „ 1 „ „ „ „

$\therefore$ 1 „ „ „ „ „ 2 পরমাণু „ „ „

অতএব, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত C_nO_2

(n=এক অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের পরমাণুর সংখ্যা)

আবার রাসায়নিক বিশ্লেষণে জানা যায় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22। সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব $2 \times 22 = 44$

$\therefore \quad 12n + 32 = 44$ [16=অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন

$12n = 12$ 12=কার্বনের পারমাণবিক ওজন]

$n = 1$

সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত CO_2

[C=কার্বনের একটি পরমাণু
O=অক্সিজেনের একটি পরমাণু
CO_2=কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণু]

(b) হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের রাসায়নিক সঙ্কেত :

রাসায়নিক বিশ্লেষণে জানা যায় যে, নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন

হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে,

n অণু হাইড্রোজেন *n* অণু ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2*n* অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন 1 অণু ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

2 পরমাণু হাইড্রোজেন 2 পরমাণু ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। [হাইড্রোজেন দ্বিপরমাণুক ও ক্লোরিন দ্বিপরমাণুক]

∴ 1 পরমাণু হাইড্রোজেন 1 পরমাণু ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সম্ভাব্য আণবিক সঙ্কেত HCl। যদি তাহা না হয়, ধরা যাক হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত $(HCl)_n$, যখন *n*-এর মান 1, 2……ইত্যাদি।

রাসায়নিক বিশ্লেষণে জানা যায়, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব=18·25

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক ওজন=36·5

$(1+35\cdot5)n=36\cdot5$ বা, $36\cdot5n=36\cdot5$ ∴ $n=1$

সুতরাং, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত HCl

[H=হাইড্রোজেন পরমাণু,
Cl=ক্লোরিন পরমাণু,
HCl=হাইড্রোজেন ক্লোরাইড]

(c) নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত :

রাসায়নিক বিশ্লেষণে জানা যায়, নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইড হইতে 1 আয়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে,

n অণু নাইট্রাস অক্সাইডে *n* অণু নাইট্রোজেন বর্তমান

∴ 1 " " " 1 " " "

1 " " " 2 পরমাণু " "

[নাইট্রোজেন দ্বিপরমাণুক]

∴ নাইট্রোজেনের আণবিক সঙ্কেত N_2O_n, যখন $n=1$, 2 … ইত্যাদি। আবার নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পঘনত্ব পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে 22। সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব $22\times2=44$। নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 14 এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16

∴ $28+16n=44$

বা, $16n=16$ ∴ $n=1$

সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত N_2O

[N=এক পরমাণু নাইট্রোজেন,
O=এক পরমাণু অক্সিজেন,
N_2O=এক অণু নাইট্রাস অক্সাইড]

(d) সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত :

রাসায়নিক বিশ্লেষণে জানা যায় যে, নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে 1 আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায় এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব=32। সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুযায়ী,

n অণু সালফার ডাই-অক্সাইডে *n* অণু অক্সিজেন আছে
∴ 1 " " " " 1 " " "
∴ 1 " " " " 2 পরমাণু " "

[অক্সিজেন দ্বিপরমাণুক]

∴ সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত S_nO_2

সালফারের পারমাণবিক ওজন 32, অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন $2 \times 32 = 64$

$$\therefore\ 32n + 32 = 64$$
$$\text{বা},\ 32n = 32$$
$$\therefore\ n = 1$$

∴ সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত SO_2

[S=এক পরমাণু সালফার,
O=এক পরমাণু অক্সিজেন,
SO_2=এক অণু সালফার ডাই-অক্সাইড]

(e) জলের আণবিক সঙ্কেত :

নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় এক আয়তন জলকে বিশ্লেষণ করিলে 2 আয়তন হাইড্রোজেন এবং 1 আয়তন অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে,

$2n$ অণু হাইড্রোজেন *n* অণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া $2n$ অণু জল উৎপন্ন করে
বা, 2 " " 1 " " " " " 2 " " " "
বা, 1 " " $\frac{1}{2}$ " " " " " 1 " " " "
বা, 2 পরমাণু " 1 পরমাণু " " " " 1 " " " "

[হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক]

∴ জলের সম্ভাব্য আণবিক সঙ্কেত H_2O। জলের বাষ্পীয় ঘনত্ব 9। অতএব,

জলের আণবিক ওজন$=2\times9=18$। যদি জলের আণবিক সঙ্কেত H_2O না হয়, ধরা যাক, জলের আণবিক সঙ্কেত $(H_2O)n$

$\therefore\ (2+16)n=18$ [হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন$=1$

বা, $18n=18\ \therefore\ n=1$ অক্সিজেনের ওজন$=16$]

$\therefore$ জলের আণবিক সঙ্কেত H_2O

2. মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব :

বিজ্ঞানী ক্যানিজারো (Cannizarro) এই পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। কোনও মৌলের যে-কোন যৌগের এক গ্রাম-অণুতে মৌলটি কমপক্ষে এক গ্রাম-পরমাণু পরিমাণে থাকিবে। কারণ মৌলগুলির একটি অণুতে কমপক্ষে মৌলটির একটি পরমাণু আছে। মৌলটির অনেকগুলি যৌগ বিশ্লেষণ করিলে যৌগগুলির এক গ্রাম-অণুতে মৌলটি যে যে বিভিন্ন ওজনে উপস্থিত থাকিবে সেই ওজনগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্রতম পরিমাণের সাংখ্যমানই মৌলটির পারমাণবিক ওজন হইবে। এই ক্ষুদ্রতম ওজনটি যে-যৌগের এক গ্রাম-অণুতে আছে, ধরিয়া লওয়া যায় যে সেই যৌগের একটি অণুতে মৌলটির মাত্র একটি পরমাণু বর্তমান।

সুতরাং এই পদ্ধতিতে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নলিখিত পদ্ধতি গ্রহণ করিতে হইবে।

(i) মৌলটির অনেকগুলি উদ্বায়ী বা গ্যাসীয় যৌগের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিতে হইবে।

(ii) বাষ্পীয় ঘনত্ব বাহির করিয়া উহাদের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে। (আণবিক গুরুত্ব$=2\times$ বাষ্পীয় ঘনত্ব)

(iii) প্রত্যেকটি যৌগকে বিশ্লেষণ করিয়া এক একটি যৌগের এক গ্রাম-অণুতে মৌলটি কত পরিমাণে আছে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

(iv) এইভাবে প্রাপ্ত ওজনগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতম ওজনটিই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব হইবে।

উদাহরণ। (1) নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব

যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব$=D$	আণবিক ওজন$=2\times D$	যৌগের এক গ্রাম-অণুর নাইট্রোজেনের ওজন (গ্রাম)	নাইট্রোজেনের ক্ষুদ্রতম ওজনের সাংখ্যমান=পা.গু
অ্যামোনিয়া	8·5	17	14	
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	14×2	
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	14	14
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	23	46	14	
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	38	76	14×2	
নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড	54	108	14×2	

এখানে নাইট্রোজেনের ক্ষুদ্রতম ওজন 14 গ্রাম, সুতরাং নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব$=14$

(2) অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব

যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব=D	আণবিক ওজন=2×D	যৌগের এক গ্রাম অণুতে অক্সিজেনের ওজন (গ্রাম)	অক্সিজেনের ক্ষুদ্রতম ওজনের সাংখ্যমান=পা. গু
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	16×2	
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	16×2	
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	16	
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	16	16
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	16	
ইথাইল অ্যালকোহল	23	46	16	

এখানে অক্সিজেনের ক্ষুদ্রতম ওজন=16 গ্রাম। অতএব, অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব=16

(3) কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব

যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব=D	আণবিক গুরুত্ব=2×D	যৌগের গ্রাম অণুতে কার্বনের ওজন (গ্রাম)	কার্বনের ক্ষুদ্রতম ওজনের সাংখ্যমান =পা. গুরুত্ব
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	12	
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	12	
মিথেন	8	16	12	12
ইথেন	15	30	12×2	
ইথিলিন	14	28	12×2	
অ্যাসিটিলিন	13	26	12×2	

এখানে কার্বনের ক্ষুদ্রতম ওজন=12 গ্রাম। অতএব, কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব=12

4. ফসফরাসের পারমাণবিক গুরুত্ব : অনুরূপভাবে ফসফরাসের বিভিন্ন যৌগ (যেমন ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, ফসফরাস পেন্টোক্সাইড, ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড, ফসফিন প্রভৃতি) বিশ্লেষণ করিয়া দেখা যায় যে, উক্ত যৌগগুলির গ্রাম-অণুতে ফসফরাসের ক্ষুদ্রতম ওজনের মান 31 গ্রাম। সুতরাং ফসফরাসের পারমাণবিক গুরুত্ব =31।

এ কথা মনে রাখিতে হইবে যে, এই পদ্ধতিতে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় খুব শ্রমসাপেক্ষ। যে-সকল মৌলের অনেকগুলি গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায়, সেই সকল ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রযোজ্য এবং এই পদ্ধতিতে নির্ণীত পারমাণবিক গুরুত্ব সঠিক হইতে না-ও পারে। কারণ মৌলটির নির্বাচিত যৌগগুলির মধ্যে এমন যৌগ না-ও থাকিতে পারে যাহার একটি অণুতে মৌলটির একটি পরমাণু বর্তমান।

অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা (Avogadro Number) : অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প

হইতে আমরা জানিতে পারি যে, একই উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন সমান।

আবার একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু বর্তমান। **সুতরাং, এক গ্রাম-অণু পরিমাণ সকল গ্যাসে (মৌলিক বা যৌগিক) অণুর সংখ্যা সমান। এই সংখ্যাকে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা বলে। ইহাকে 'N' দ্বারা সূচিত করা হয় এবং ইহার মান $6{\cdot}023 \times 10^{23}$।**

এক গ্রাম-অণু গ্যাসকে শীতল করিয়া তরল অথবা কঠিন করিলেও অণুর সংখ্যা সমান থাকিবে। সুতরাং বলা যায়, এক গ্রাম-অণু যে-কোন পদার্থে (কঠিন, তরল অথবা গ্যাসীয়) অ্যাভোগেড্রো সংখ্যক অণু বর্তমান।

এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন=2 গ্রাম হাইড্রোজেন। এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন =32 গ্রাম অক্সিজেন। এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড়=44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড। সুতরাং 2 গ্রাম হাইড্রোজেনে, 32 গ্রাম অক্সিজেনে অথবা 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$।

ধরা যাক, কোন মৌলের একটি অণু n সংখ্যক পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং তাহার পারমাণবিক ওজন a

$\therefore$ na গ্রাম মৌলটিতে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ na " " পরমাণুর সংখ্যা $n \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ a " " " " $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

সুতরাং এক গ্রাম-পরমাণু কোনও মৌলে পরমাণুর সংখ্যা ও অ্যাভোগেড্রো সংখ্যার সমান।

অণু ও পরমাণুর প্রকৃত ওজন : এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোনও গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান। সেই সংখ্যা হইল $6{\cdot}023 \times 10^{23}$। সুতরাং কোনও গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুকে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে উক্ত গ্যাসটির একটি অণুর প্রকৃত ওজন পাওয়া যাইবে। 2 গ্রাম হাইড্রোজেন হইল এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন। সুতরাং হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন

$=\dfrac{2}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম$=0{\cdot}3321 \times 10^{-23}$ গ্রাম। এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন$=32$ গ্রাম অক্সিজেন। সুতরাং একটি অক্সিজেন অণুর ওজন$=\dfrac{32}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম $=5{\cdot}313 \times 10^{-23}$ গ্রাম।

আবার এক গ্রাম-পরমাণু পরিমাণ যে-কোনও গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা সমান এবং তাহার মান অ্যাভোগেড্রো সংখ্যার সমান অর্থাৎ $6{\cdot}023 \times 10^{23}$।

সুতরাং, কোনও মৌলের এক গ্রাম-পরমাণুকে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে মৌলটির একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন পাওয়া যাইবে। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1, অতএব এক-গ্রাম পরমাণু হাইড্রোজেন=1 গ্রাম হাইড্রোজেন।

$6{\cdot}023 \times 10^{23}$ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন=1 গ্রাম

$\therefore$ 1টি " " " $= \dfrac{1}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম

$= 0{\cdot}17 \times 10^{-23}$ গ্রাম

অক্সিজেনের এক গ্রাম-পরমাণু=16 গ্রাম অক্সিজেন।

অতএব, অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন$= \dfrac{16}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম

$= 2{\cdot}66 \times 10^{-23}$ গ্রাম

অনুরূপভাবে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর এবং বিভিন্ন মৌলের বা যৌগের অণুর ওজন (absolute weight) বাহির করা সম্ভব।

মোল সম্পর্কে ধারণা (Mole concept)ঃ আমরা ইতিমধ্যে জানিয়াছি যে, কোনও পদার্থের আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যাহা পাই তাহাকে 'গ্রাম মোল' অথবা সংক্ষেপে 'মোল' বলা হয়। বর্তমান রসায়নবিজ্ঞানিগণ 'মোল' শব্দটির এই ক্ষুদ্রতর অর্থ পরিত্যাগ করিয়া ইহাকে আরও বৃহত্তর অর্থে ব্যবহার করেন। যেহেতু অণু অথবা পরমাণু অত্যন্ত ক্ষুদ্র এবং উহাদের ওজন খুবই নগণ্য, তাই রাসায়নিক গণনায় অণু অথবা পরমাণুর ওজন, আয়তন অথবা সংখ্যা ব্যবহার করিলে গাণিতিক জটিলতার সৃষ্টি হইবে। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য রসায়নবিজ্ঞানিগণ অণু, পরমাণু, আয়ন এবং পারমাণবিক আদিকণা (ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন) গণনা করিবার নিমিত্ত একটি বৃহত্তর একক—'মোল' ব্যবহার করেন। অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে এক মোল কোনও পদার্থে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$। ইহার সহিত সাদৃশ্য রাখিয়া রসায়নবিজ্ঞানিগণ $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক যে-কোনও ক্ষুদ্রতম কণাকে (অণু, পরমাণু ইত্যাদি) এক মোল কণা বলিয়া অভিহিত করেন। সুতরাং 1 মোল ইলেকট্রনের অর্থ $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক ইলেকট্রন। কোন পদার্থের এক মোল অণু $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণুর সমান। কোনও মৌলের 1 মোল পরমাণু হইল $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু। 1 মোল প্রোটন$=6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক প্রোটন। 1 মোল নিউট্রন$=6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সখংাক নিউট্রন। মোলের যেমন একটি সংখ্যাগত দিক আছে, তেমন ইহার আয়তনগত ও ওজনগত দিকও আছে। অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে কোন পদার্থের $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণুর ওজন পদার্থটির 1 গ্রাম-অণুর সমান এবং পদার্থটি গ্যাসীয় হইলে N. T. P.-তে উহার আয়তন হইবে 22·4 লিটার। 'মোল' এককের মধ্যে এই তাৎপর্যগুলি নিহিত থাকায় রাসায়নিক গণনায় 'মোল' একটি অত্যন্ত সাহায্যকারী একক।

সুতরাং আমরা বলিতে পারি, 'মোল' যে-কোনও পদার্থের $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক ক্ষুদ্রতম কণার সমষ্টি।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. 100 c. c. হাইড্রোজেন এবং 75 c.c. অক্সিজেন লইয়া বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিস্ফোরণের পর উষ্ণতা এবং চাপ এমন রাখা হইল যেন উৎপন্ন জল বাষ্পরূপে থাকে। যদি সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হয় তাহা হইলে বিক্রিয়া শেষে গ্যাসীয় মিশ্রণের আয়তন এবং সংযুতি বাহির কর। দেওয়া আছে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন+1 আয়তন অক্সিজেন=2 আয়তন জলীয় বাষ্প।

সমাধান : প্রশ্নানুসারে 100 c.c. হাইড্রোজেন 50 c.c. অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 100 c.c. জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করিবে। কিন্তু প্রাথমিকভাবে 75 c.c. অক্সিজেন লওয়া হইয়াছিল।

∴ (75−50) c.c. বা 25 c.c. অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকিবে।

∴ বিক্রিয়ার পর মিশ্রণে 100 c.c. জলীয় বাষ্প থাকিবে এবং 25 c.c. অবশিষ্ট অক্সিজেন থাকিবে। সুতরাং, বিক্রিয়ার পর মিশ্রণের মোট আয়তন হইবে,

(100+25) c.c. বা 125 c.c.

উদাহরণ 2. 50 c.c. নাইট্রাস অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের দ্বারা বিভাজন (decomposition) করিলে সমচাপ ও তাপমাত্রায় 68 c.c. গ্যাস মিশ্রণ পাওয়া যায়। বিক্রিয়ার পর গ্যাসীয় মিশ্রণে কেবল মাত্র নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন থাকে এবং জানা আছে যে, 2 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইড হইতে 2 আয়তন নাইট্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। প্রাথমিক মিশ্রণটিতে নাইট্রাস অক্সাইডের শতকরা আয়তন নির্ণয় কর।

সমাধান : বুঝা যাইতেছে যে, অক্সিজেন এই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে নাই। বিক্রিয়ায় যে-আয়তন বৃদ্ধি হইয়াছে তাহা নাইট্রাস অক্সাইডের বিভাজনের ফলে। বিক্রিয়ায় আয়তন বৃদ্ধি=(68−50) c.c. বা 18 c.c.। প্রদত্ত তথ্যানুসারে,

1 c.c. বৃদ্ধি হইলে নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন 2 c.c.

∴ 18 c.c. " " " " " 36 c.c.

∴ প্রাথমিক মিশ্রণটিতে নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন=36 c.c.

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের শতকরা আয়তন $=\frac{36\times100}{50}=72$ c.c.

উদাহরণ 3. 400 mm চাপ এবং 27°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেনের কত আয়তন 700 mm চাপ ও 18°C তাপমাত্রায় 500 c.c. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবে? দেওয়া আছে, সমচাপ ও তাপমাত্রার 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।

সমাধান : প্রশ্নানুসারে 700 mm চাপ ও 18°C তাপমাত্রায় 500 c.c. অক্সিজেনের সহিত (500×2) c.c. বা 1000 c.c. হাইড্রোজেন যুক্ত হইবে। এখন 1000 c.c. হাইড্রোজেনের আয়তন 400 mm চাপ ও 27°C তাপমাত্রায় কত

হইবে তাহা বাহির করিতে হইবে। ইহার জন্য চার্লস ও বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিতে হইবে। (ইহা সপ্তম অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে)। চার্লস ও বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

যখন P_1 চাপ ও T_1 চরম তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন V_1 এবং P_2 চাপ ও T_2 চরম তাপমাত্রায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_2

$t°C=(t+273)°$ চরম তাপমাত্রা $=T°$

$$\therefore \frac{1000\times 700}{273+18}=\frac{400\times V_2}{273+27}$$

$$V_2=\frac{1000\times 700\times 300}{291\times 400} \text{ c.c.}=1804 \text{ c.c.}$$

উদাহরণ 4. 15°C উষ্ণতায় 800 mm চাপের কত আয়তন হাইড্রোজেন 31°C ও 600 mm চাপের 200 c.c. নাইট্রোজেনকে অ্যামোনিয়াতে রূপান্তরিত করিতে পারিবে? উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার N. T. P.-তে (0°C এবং 760 mm চাপে) কত আয়তন হইবে? দেওয়া আছে, 3 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

সমাধান: প্রশ্নানুসারে 31°C এবং 600 mm চাপে 200 c.c. নাইট্রোজেন (200×3) c.c. বা 600 c.c. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 400 c.c. অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিবে।

ধরা যাক, 15°C এবং 800 mm চাপে হাইড্রোজেনের নির্ণেয় আয়তন x c.c.

$$\therefore \frac{x\times 800}{15+273}=\frac{600\times 600}{31+273}$$

$$\therefore x=\frac{600\times 600\times 288}{800\times 304} \text{ c.c.}=426 \text{ c.c.}$$

আবার ধরা যাক, N. T. P.-তে উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার আয়তন y c.c.

$$\therefore \frac{y\times 760}{273}=\frac{400\times 600}{304}$$

$$\therefore y=\frac{400\times 600\times 273}{760\times 304} \text{ c.c.}=284 \text{ c.c.}$$

উদাহরণ 5. সমচাপ ও তাপমাত্রায় 1080 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন 120 c.c. একটি গ্যাসীয় যৌগ A-এর ওজনের সমান। A যৌগটির আণবিক ওজন কত?

ধরা যাক, 1080 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন $=W$ গ্রাম

সুতরাং 120 c.c. A যৌগের ওজন $=W$ গ্রাম

$\therefore$ 1080 c.c. A " " $=\frac{W\times 1080}{120}$ গ্রাম

$\therefore$ A যৌগের বাষ্পীয় ঘনত্ব $=\frac{W\times 1080}{120\times W}=9$

$\therefore$ A যৌগের আণবিক ওজন $=2\times 9=18$

উদাহরণ 6. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (a) 2 গ্রাম ওজোন এবং (b) 68 গ্রাম আমোনিয়ার আয়তন কত হইবে?

সমাধান: ওজোনের আণবিক ওজন 48 (O_3, $16 \times 3 = 48$)

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 48 গ্রাম ওজোনের আয়তন 22·4 লিটার

∴ " " " 2 " " " $\frac{22 \cdot 4 \times 2}{48} = 0 \cdot 933$ লিটার

(b) অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন=17 (NH_3, $14 + 3 = 17$)

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার 17 গ্রাম অ্যামোনিয়ার আয়তন 22·4 লিটার

∴ " " 68 " " " $\frac{22 \cdot 4 \times 68}{17}$

$= 89 \cdot 6$ লিটার

উদাহরণ 7. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 0·35 গ্রাম একটি গ্যাসীয় যৌগের আয়তন দেখা গেল 200 c.c.। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত?

সমাধান: (a) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায়,

200 c.c. গ্যাসের ওজন=0·35 গ্রাম

∴ 22400 c.c. " " $= \frac{0 \cdot 35 \times 22400}{200}$ গ্রাম

$= 39 \cdot 2$ গ্রাম=এক গ্রাম-অণু গ্যাস

∴ গ্যাসটির আণবিক ওজন=39·2

অথবা, (b) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1000 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন=0·09 গ্রাম

∴ " " " 200 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন $= 0 \cdot 00009 \times 200$ গ্রাম=0·018 গ্রাম

∴ গ্যাসীয় যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \frac{0 \cdot 35}{\cdot 018} = 19 \cdot 45$

∴ " " আণবিক ওজন $= 19 \cdot 45 \times 2 = 38 \cdot 9$

উদাহরণ 8. অক্সিজেন সাপেক্ষে একটি মৌলিক গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 2·22। গ্যাসটির অণু দ্বিপরমাণুক হইলে গ্যাসটির পারমাণবিক ওজন কত?

সমাধান: হাইড্রোজেন সাপেক্ষে অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব=16

∴ হাইড্রোজেন সাপেক্ষে গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 2 \cdot 22 \times 16 = 35 \cdot 5$

∴ গ্যাসটির আণবিক ওজন $= 35 \cdot 5 \times 2 = 71$

গ্যাসটির অণু দ্বিপরমাণুক

∴ গ্যাসটির পারমাণবিক ওজন $= \frac{71}{2} = 35 \cdot 5$

উদাহরণ 9. নাইট্রোজেনের একটি গ্যাসীয় অক্সাইডের 50 c.c.-কে উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করিলে সমচাপ ও তাপমাত্রায় 75 c.c. গ্যাসীয় মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্রণটি ক্ষারীয় পাইরোগ্যালোল দ্রবণে চালনা করিলে 25 c.c. শোষিত হইয়া যায়। অক্সাইডটির আণবিক সঙ্কেত বাহির কর।

সমাধান ঃ ক্ষারকীয় পাইরোগ্যালোল অক্সিজেন শোষণ করে।

∴ উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন 25 c.c.। সুতরাং উৎপন্ন নাইট্রোজেনের আয়তন (75 – 25) c.c. বা 50 c.c.

∴ 50 c.c. নাইট্রোজেনের অক্সাইড হইতে 25 c.c. অক্সিজেন এবং 50 c.c. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

∴ 1 c.c. নাইট্রোজেনের অক্সাইড হইতে $\frac{1}{2}$ c.c. অক্সিজেন এবং 1 c.c. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

যেহেতু সমচাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান

∴ n অণু নাইট্রোজেনের অক্সাইড হইতে $\frac{n}{2}$ অণু অক্সিজেন এবং n অণু নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

বা, 1 অণু নাইট্রোজেনের অক্সাইড হইতে $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন এবং 1 অণু নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

বা, 2 অণু নাইট্রোজেনের অক্সাইড হইতে 1 অণু অক্সিজেন এবং 2 অণু নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

ধরা যাক, অক্সাইডটির সঙ্কেত N_xO_y

∴ $2\,N_xO_y = O_2 + 2N_2$ [যেহেতু অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক]

∴ $2x = 4$ বা, $x = 2$

$2y = 2$ বা, $y = 1$

সুতরাং, অক্সাইডটির সঙ্কেত $= N_2O$

উদাহরণ 10. নাইট্রাস অক্সাইড এবং নাইট্রিক অক্সাইডের একটি মিশ্রণের 100 c.c. লইয়া উহাতে 100 c.c. হাইড্রোজেন যোগ করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের পর শীতল করিয়া দেখা গেল অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 85 c c. এবং উহা নাইট্রোজেন। যদি আয়তনগুলি সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়া থাকে, তাহা হইলে প্রাথমিক গ্যাস মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি কি ছিল? দেওয়া আছে যে, 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইড 1 আয়তন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া 1 আয়তন জলীয় বাষ্প এবং 1 আয়তন নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। আবার 2 আয়তন নাইট্রিক অক্সাইড 2 আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প এবং 1 আয়তন নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।

সমাধান ঃ প্রদত্ত তথ্য হইতে ইহা স্পষ্ট যে, বিক্রিয়াটিতে যত আয়তন হাইড্রোজেন দরকার ঠিক তত আয়তন হাইড্রোজেন ছিল (তুল্যাঙ্ক পরিমাণ)।

ধরা যাক, নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন $= x$ c.c.

∴ নাইট্রিক " " $= (100 - x)$ c.c.

প্রশ্নানুসারে, x c.c. নাইট্রাস অক্সাইড হইতে x c.c. নাইট্রোজেন পাওয়া যায়

আবার, $(100 - x)$ c.c. নাইট্রিক অক্সাইড হইতে $\frac{100-x}{2}$ c. c. " " "

$$\therefore \quad x + \frac{100-x}{2} = 85 \qquad \text{বা,} \quad x = 70 \text{ c.c.}$$

∴ প্রাথমিক গ্যাস মিশ্রণটির সংযুতি,

নাইট্রাস অক্সাইড=70 c.c.

নাইট্রিক অক্সাইড=30 c.c.

উদাহরণ 11. কোন একটি গ্যাসের 14·4 গ্রামের আয়তন N. T. P.-তে (0°C এবং 760 mm চাপ) 5 লিটার। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত?

সমাধান : N. T. P.-তে 5 লিটারের ওজন=14·4 গ্রাম

$$\therefore \quad " \quad 22{\cdot}4 \quad " \quad " \quad = \frac{14{\cdot}4 \times 22{\cdot}2}{5} \text{ গ্রা.} = 64{\cdot}51 \text{ গ্রা.}$$

∴ গ্যাসটির আণবিক ওজন=64·51

উদাহরণ 12. নিম্নের সারণীতে কয়েকটি উদ্বায়ী যৌগের রাসায়নিক বিশ্লেষণের তথ্য দেওয়া হইল :

যৌগ	যৌগের বাষ্পীয় ঘনত্ব	যৌগে কার্বনের শতকরা ওজন
কার্বন মনোক্সাইড	14	42·86
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	27·3
অ্যাসিটোন	29	62·1
বেঞ্জিন	39	92·3
ইথেন	15	80

উল্লিখিত তথ্য হইতে ক্যানিজারো পদ্ধতিতে কার্বনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান :

যৌগ	আণবিক ওজন =2×বাঃ ঘঃ	এক গ্রাম অণুতে কার্বনের ওজন	প্রাপ্ত ওজনগুলির গ. সা. গু.
কার্বন মনোক্সাইড	28	$\frac{42{\cdot}86 \times 28}{100} = 12$	
কার্বন ডাই-অক্সাইড	44	$\frac{27{\cdot}3 \times 44}{100} = 12$	
অ্যাসিটোন	58	$\frac{62{\cdot}1 \times 58}{100} = 36$	12
বেঞ্জিন	78	$\frac{92{\cdot}3 \times 78}{100} = 72$	
ইথেন	30	$\frac{80 \times 30}{100} = 24$	

∴ কার্বনের পারমাণবিক ওজন=12

উদাহরণ 13. একটি মৌলিক পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব অক্সিজেন সাপেক্ষে 3·86। মৌলটির পারমাণবিক ওজন 31 হইলে বাষ্পীয় অবস্থায় মৌলটির একটি অণু কয়টি পরমাণু দিয়া গঠিত?

সমাধান: হাইড্রোজেন সাপেক্ষে অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 16। সুতরাং হাইড্রোজেন সাপেক্ষে মৌলটির বাষ্পীয় ঘনত্ব $3·86 \times 16 = 61·76$।

$\therefore$ মৌলটির আণবিক ওজন $= 61·76 \times 2 = 123·52$

মৌলটির পারমাণবিক ওজন 31

$\therefore$ বাষ্পীয় অবস্থায় মৌলটির একটি অণুতে পরমাণুর সংখ্যা,

$$= \frac{123·52}{31} = 3·985$$

কিন্তু পরমাণুর সংখ্যা ভগ্নাংশ হইতে পারে না।

$\therefore$ বাষ্পীয় অবস্থায় মৌলটির অণু চারিটি পরমাণু দিয়া গঠিত।

উদাহরণ 14. একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 40। এই গ্যাসের 20 গ্রামের আয়তন 27°C এবং 950 mm চাপে কত হইবে?

সমাধান: গ্যাসটির আণবিক ওজন $= 40 \times 2 = 80$

$\therefore$ N. T. P.-তে 80 গ্রাম গ্যাসের আয়তন $= 22·4$ লিটার

$\therefore$ " 20 " " $= \frac{22·4 \times 20}{80}$ লিটার

$= 5·6$ লিটার

ধরা যাক, 27°C উষ্ণতায় 950 mm চাপে গ্যাসটির আয়তন V c.c.

$\therefore$ বয়েল এবং চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে,

$$\frac{5·6 \times 760}{273} = \frac{V \times 950}{273 + 27} = \frac{V \times 950}{300}$$

$$\therefore \quad V = \frac{5·6 \times 300 \times 760}{273 \times 950} \text{ লিটার} = 4·9 \text{ লিটার}$$

উদাহরণ 15. একটি কঠিন যৌগের 5 gm উত্তপ্ত করার ফলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1120 c.c. একটি গ্যাস উৎপন্ন হইল এবং 2·8 gm অবশেষ পড়িয়া রহিল। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত?

সমাধান: উৎপন্ন গ্যাসের ওজন $= (5 - 2·8)$ বা 2·2 গ্রাম

1120 c.c. গ্যাসের ওজন $= 2·2$ gm

$\therefore$ 22400 c.c. " " $= \frac{2·2 \times 22400}{1120}$ gm $= 44$ gm

$\therefore$ গ্যাসটির আণবিক ওজন $= 44$

উদাহরণ 16. 2·45 gm পটাসিয়াম ক্লোরেটকে স্থির ওজন পাওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 672 c.c. অক্সিজেন পাওয়া গেল এবং অবশেষের পরিমাণ দেখা গেল 1·49 gm। অক্সিজেনের আণবিক ওজন কত?

সমাধান : উৎপন্ন অক্সিজেনের ওজন $=(2{\cdot}45-1{\cdot}49)$ gm $=0{\cdot}96$ gm

672 c.c. অক্সিজেনের N. T. P.-তে ওজন 0·96 gm

$\therefore$ 22400 c.c. " " " $\frac{0{\cdot}96\times22400}{672}=32$ gm

$\therefore$ অক্সিজেনের আণবিক ওজন $=32$

উদাহরণ 17. 110°C উষ্ণতায় তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন একটি বদ্ধ পাত্রে লইয়া ইলেকট্রিক স্পার্কের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের পর শীতল করিয়া উহার উষ্ণতা 110°C-এ আসিবার পর বদ্ধ পাত্রে গ্যাসের চাপ কত হইবে? দেওয়া আছে যে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন জলীয় বাষ্প দেয়।

সমাধান : প্রদত্ত তথ্যানুসারে বিক্রিয়ার পর বিক্রিয়াজাত গ্যাসের আয়তন সঙ্কুচিত হইয়া প্রাথমিক আয়তনের $\frac{2}{3}$ হইয়া যায়। কিন্তু আয়তন অপরিবর্তিত (বদ্ধ পাত্র বলিয়া), অতএব চাপ ও প্রাথমিক চাপের $\frac{2}{3}$ অংশ হইবে।

উদাহরণ 18. 26°C এবং 742 মিলিমিটার চাপে 5·25 গ্রাম নাইট্রোজেনের আয়তন কত হইবে?

সমাধান : নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন 28 (N_2, $14\times2=28$)

$\therefore$ N. T. P.-তে 28 গ্রাম নাইট্রোজেনের আয়তন 22·4 লিটার

$\therefore$ 5·2 " " " $\frac{22{\cdot}4\times5{\cdot}2}{28}=4{\cdot}20$ লিটার

ধরা যাক, প্রদত্ত চাপ ও তাপমাত্রায় 5·2 গ্রাম নাইট্রোজেনের আয়তন V লিটার

$\therefore$ চার্লস ও বয়েলের সংযুক্ত সূত্র প্রয়োগ করিয়া

$$\frac{4{\cdot}2\times760}{273}=\frac{V\times742}{273+26}$$

$$\therefore\ V=\frac{4{\cdot}2\times760\times299}{742\times273}=4{\cdot}71 \text{ লিটার}$$

উদাহরণ 19. কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) একটি অণুর ওজন গ্রামে প্রকাশ কর।

সমাধান : CO_2-এর আণবিক ওজন 44

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে,

$6{\cdot}023\times10^{23}$ অণু CO_2-এর ওজন 44 গ্রাম

$\therefore$ 1 অণু " " $\frac{44}{6{\cdot}023\times10^{23}}=7{\cdot}31\times10^{-23}$ গ্রাম

উদাহরণ 20. প্রমাণ অবস্থায় বায়ুতে আয়তন হিসাবে 21% অক্সিজেন থাকিলে 1 লিটার বায়ুতে কত মোল অক্সিজেন আছে?

সমাধান : প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার বায়ুতে অক্সিজেনের আয়তন 0·21

লিটার। আমরা জানি যে, N. T. P.-তে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার।

$\therefore$ 1 লিটার বায়ুতে অক্সিজেনের মোল সংখ্যা $=\frac{0 \cdot 21}{22 \cdot 4}=0 \cdot 093$

উদাহরণ 21. 9·8 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে যত সংখ্যক অণু আছে কি পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিড অণুতে ততসংখ্যক নাইট্রিক অ্যাসিড অণু থাকিবে ?

সমাধান ঃ সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক ওজন=98

$\therefore$ 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে অণুর সংখ্যা $=6 \cdot 023 \times 10^{23}$

$\therefore$ 9·8 " " " " " $=\frac{6 \cdot 023 \times 10^{23}}{10}$

$=6 \cdot 023 \times 10^{22}$

নাইট্রিক অ্যাসিডের আণবিক ওজন=63

$\therefore$ $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু থাকে 63 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডে

$\therefore$ $6 \cdot 023 \times 10^{22}$ " " " $\frac{63 \times 6 \cdot 023 \times 10^{22}}{6 \cdot 023 \times 10^{23}}$

=6·3 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড

উদাহরণ 22. জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম/মিলি. হইলে 3·6 লিটার জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। জলের একটি অণুর ওজন কত ? 0·9 গ্রাম জলে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত ?

সমাধান ঃ (i) 3·6 লিটার জল=3600 মিলি. জল

=3600 গ্রাম জল

18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা $=6 \cdot 023 \times 10^{23}$

$\therefore$ 3600 " " " $=\frac{6 \cdot 023 \times 10^{23} \times 3600}{18}$

$=12 \cdot 046 \times 10^{25}$

(ii) $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক জলের অণুর ওজন=18 গ্রাম

$\therefore$ জলের 1টি অণুর ওজন $=\frac{18}{6 \cdot 023 \times 10^{23}}$ গ্রাম $=3 \times 10^{-23}$ গ্রাম

(iii) 0·9 গ্রাম জল $=\frac{9}{10} \times \frac{1}{18}$ গ্রাম-অণু জল $=\frac{6 \cdot 023 \times 10^{23} \times 9}{18 \times 10}$ অণু জল

$=3 \cdot 011 \times 10^{22}$ অণু জল

জলের (H_2O) একটি অণুতে একটি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান

$\therefore$ 0·9 গ্রাম জলে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $=3 \cdot 011 \times 10^{22}$

উদাহরণ 23. দুইটি গ্যাস A এবং B-এর আণবিক ওজনের অনুপাত 1 : 8 হইলে সম উষ্ণতা ও চাপে গ্যাস দুইটির সম ভরের মধ্যে অণুর সংখ্যার অনুপাত বাহির কর।

সমাধান: ধরা যাক, A-এর আণবিক ওজন $=x$

$\therefore$ B-এর " " $=8x$

x গ্রাম A-তে অণুর সংখ্যা $=6.023\times10^{23}$

$\therefore$ $8x$ " A-তে " " $=8\times6.023\times10^{23}$

$8x$ " B-তে " " $=6.023\times10^{23}$

$\therefore$ গ্যাস দুইটির সম ওজনে উহাদের অণুর অনুপাত

$$=8\times6.023\times10^{23} : 6.023\times10^{23}=8 : 1$$

উদাহরণ 24. (a) N. T. P.-তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন 3·17 গ্রাম। গ্যাসটির বাষ্প-ঘনত্ব এবং আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [H. S. 1971]

(b) 27°C উষ্ণতায় 750 মিমি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে CO-এর পরিমাণ 80% এবং CO_2-এর পরিমাণ 20%। মিশ্রণটিতে 1·52 লিটারে CO_2-এর পরিমাণ গ্রামে প্রকাশ কর। [H. S. 1978]

(c) 0° উষ্ণতায় 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে একটি দ্বিপারমাণুক গ্যাসের আয়তন 350 মিলি. এবং ওজন 1 গ্রাম। গ্যাসটির একটি পরমাণুর ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. 1970]

সমাধান: (a) N. T. P.-তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন $=3.17$ গ্রাম

$\therefore$ " 22·4 " " " $=3.17\times22.4$ গ্রাম $=71$ গ্রাম

$\therefore$ গ্যাসটির আণবিক ওজন $=71$

$\therefore$ " বাষ্প-ঘনত্ব $=\frac{71}{2}=35.5$

(b) 27°C উষ্ণতায় 750 মিমি. চাপে 1·52 লিটার মিশ্রণে CO_2-এর পরিমাণ

$$=\frac{20\times1.52}{100}=0.304 \text{ লিটার}$$

N. T. P.-তে 0·304 লিটার CO_2-এর আয়তন V লিটার হইলে

$$\frac{V\times760}{273}=\frac{750\times0.304}{300}$$

বা, $V=\frac{750\times0.304\times273}{300\times3760}=0.273$ লিটার

$\therefore$ 0·273 লিটার CO_2-এর ওজন $=\frac{44\times0.273}{22.4}$ গ্রাম $=0.536$ গ্রাম

(c) ধরা যাক, গ্যাসটির আয়তন N. T. P.-তে V মিলি.

$$\therefore \frac{V\times760}{273}=\frac{350\times760\times2}{273}$$

$\therefore$ $V=700$ মিলি.

$\therefore$ 700 মিলি. গ্যাসের ওজন 1 গ্রাম

$\therefore$ 22400 " " " $\frac{1\times22400}{700}$ গ্রাম $=32$

$\therefore$ গ্যাসটির আণবিক ওজন=32

এবং গ্যাসটির একটি অণুর ওজন$=\frac{32}{6{\cdot}023\times10^{23}}=5{\cdot}3\times10^{-23}$ গ্রাম

যেহেতু গ্যাসটি দ্বিপরমাণুক

$\therefore$ গ্যাসটির একটি পরমাণুর ওজন$=\frac{5{\cdot}3\times10^{-23}}{2}=2{\cdot}66\times10^{-23}$ গ্রাম

উদাহরণ 25. দুই লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি কাচপাত্রে 10^{-3} mm চাপে এবং 303°K উষ্ণতায় নাইট্রোজেন এবং জলীয় বাষ্প উহাদের আণবিক ওজনের অনুপাতে বর্তমান আছে। (i) এই পাত্রে নাইট্রোজেন এবং জলীয় বাষ্পের মোলের সংখ্যা কত? (ii) গ্যাস মিশ্রণটির মোট ভর কত? (iii) মিশ্রণটি $-50°$C-এ শীতল করিলে অবশিষ্ট গ্যাসের ভর কত হইবে (R=0·082)?
[I. I. T. 1972]

সমাধান : $P=\frac{10^{-3}}{760}$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

$V=2$ লিটার $R=0{\cdot}082$

$n=$মোল সংখ্যা

$PV=n\,RT$

$$n=\frac{PV}{RT}=\frac{10^{-3}\times2}{760\times{\cdot}082\times303}=1{\cdot}058\times10^{-7}\text{ মোল}$$

যেহেতু নাইট্রোজেন এবং জলীয় বাষ্প উহাদের আণবিক ওজনের অনুপাতে বর্তমান

$\therefore$ নাইট্রোজেনের পরিমাণ$=\frac{1{\cdot}058\times10^{-7}}{2}$ মোল$=0{\cdot}529\times10^{-7}$ মোল

$=0{\cdot}529\times10^{-7}\times28$ গ্রাম

$=14{\cdot}81\times10^{-7}$ গ্রাম

জলীয় বাষ্পের পরিমাণ$=\frac{1{\cdot}058\times10^{-7}}{2}=0{\cdot}529\times10^{-7}$ মোল

$=0{\cdot}529\times10^{-7}\times18$ গ্রাম$=9{\cdot}52\times10^{-7}$ গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রণের মোট ভর$=(14{\cdot}8+9{\cdot}52)\times10^{-7}$ গ্রাম

$=24{\cdot}33\times10^{-7}$ গ্রাম

$-50°$C-এ জলীয় বাষ্প কঠিন হইয়া যাইবে। কেবলমাত্র নাইট্রোজেন গ্যাস হিসাবে অবশিষ্ট থাকিবে। সুতরাং অবশিষ্ট গ্যাসের ভর$=14{\cdot}81\times10^{-7}$ গ্রাম।

উদাহরণ 26. 0·10 মোল জলে অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের কত গ্রাম পরমাণু বর্তমান? এই পরিমাণ জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত?

সমাধান : 1 মোল জলে 2 গ্রাম-পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন বর্তমান।

∴ 0·1 মোল জলে হাইড্রোজেনের গ্রাম-পরমাণু সংখ্যা $=0{\cdot}1\times2=0{\cdot}2$
এবং 0·1 " " অক্সিজেনের গ্রাম-পরমাণু সংখ্যা $=0{\cdot}1$
∴ ঐ পরিমাণ জলে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা $=0{\cdot}2\times6{\cdot}023\times10^{23}$
$=1{\cdot}2046\times10^{23}$

এবং অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $=0{\cdot}1\times6{\cdot}023\times10^{23}=0{\cdot}6023\times10^{23}$

উদাহরণ 27. 750 mm চাপে এবং 20°C উষ্ণতায় 150 ml অক্সিজেনের অণুর সংখ্যা কত? [Kurukshetra, 1974]

সমাধান: প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 150 ml অক্সিজেনের আয়তন V ml হইলে

$$\frac{V\times760}{273}=\frac{150\times750}{293}$$

$$\text{বা,}\quad V=\frac{150\times750\times273}{760\times293}=137{\cdot}9\text{ ml}$$

N. T. P.-তে 22·400 ml অক্সিজেন $=6{\cdot}023\times10^{23}$ অণু অক্সিজেন

$$\therefore\ "\quad 137{\cdot}9\text{ ml}\ "\ =\frac{6{\cdot}023\times10^{23}\times137{\cdot}9}{22400}\ "$$

$$=3{\cdot}71\times10^{21}\ "$$

উদাহরণ 28. একটি নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় 10 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা 2000। সমচাপ ও তাপমাত্রায় 150 c.c. অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা কত? [Kurukshetra, 1976]

সমাধান: আমরা জানি সমচাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান। প্রদত্ত গণনায় দুইটি গ্যাসই সমচাপ ও তাপমাত্রায় আছে।

সুতরাং, 10 c.c. হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যা $=2000$

∴ 150 " " " $=\frac{2000\times150}{10}=30000$

$=$ 150 c.c. অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা

উদাহরণ 29. N. T. P.-তে 10 ml '20 আয়তনের' হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড 200 ml অক্সিজেন উৎপন্ন করিলে '10 আয়তন' হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের 1000 ml-এ কত মোল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আছে?

[D. H. S. 1975]

সমাধান: $2H_2O_2\rightarrow2H_2O+O_2$

2 মোল→ 1 মোল $=22{\cdot}4$ লিটার

প্রশ্নানুসারে, 1000 ml 10 আয়তনের হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে N. T. P.-তে 10×1000 ml বা 10000 ml বা 10 litre অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে।

আবার উপরের রাসায়নিক সমীকরণ হইতে পাই,

22·4 litre অক্সিজেন পাওয়া যায় 2 মোল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে

∴ 10 litre " " $\frac{2\times10}{22{\cdot}4}$ " বা 0·89 মোল " "

∴ '10 আয়তনের' 1000 ml হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে 0·89 মোল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বর্তমান।

উদাহরণ 30. $H_2 (g)+I_2 (g) \Rightarrow 2HI (g)$ এই বিক্রিয়ার 0·10 মোল হাইড্রোজেন 0·20 মোল আয়োডিন লইয়া ঘটানো হইল। বিক্রিয়া শেষে দেখা গেল যে, হাইড্রোজেনের 20% HI গঠনে অংশ গ্রহণ করিয়াছে। উৎপন্ন HI-এর পরিমাণ কত? (I=127) [I. I. T. 1975]

সমাধান : বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী হাইড্রোজেনের পরিমাণ
$=0{\cdot}10 \times \frac{20}{100}$ মোল $=0{\cdot}02$ মোল

1 মোল H_2 হইতে 2 মোল HI পাওয়া যায়

∴ 0·02 " " ·04 " " "

HI-এর আণবিক ওজন $=1+127=128$

∴ উৎপন্ন HI-এর পরিমাণ $=0{\cdot}04 \times 128$ gm $=5{\cdot}12$ gm

উদাহরণ 31. 0·01 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেনের ওজন কত?

সমাধান : 1 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন=16 গ্রাম অক্সিজেন

∴ 0·01 " " " $=0{\cdot}01 \times 16$ "
$=0{\cdot}16$ গ্রাম "

উদাহরণ 32. 0·02 গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন কত? (C=12, O=16)

সমাধান : কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) আণবিক ওজন $=12+2 \times 16$
$=44$

∴ 1 গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে=44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড

∴ 0·02 " " $=0{\cdot}88$ " "

উদাহরণ 33. (i) 0·22 মোল সালফার ডাই-অক্সাইডে (SO_2) কত গ্রাম পরমাণু সালফার এবং অক্সিজেন আছে?

(ii) 32 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার এবং অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা কত? (0=16), S=32)

সমাধান : (i) 1 মোল সালফার ডাই-অক্সাইডে 1 গ্রাম-পরমাণু সালফার এবং 2 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন আছে।

∴ 0·22 মোল সালফার ডাই-অক্সাইডে $0{\cdot}22 \times 1$ গ্রাম-পরমাণু বা 0·22 গ্রাম-পরমাণু সালফার এবং $0{\cdot}22 \times 2=0{\cdot}44$ গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন আছে।

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইডের (SO_2) আণবিক ওজন $=32+16 \times 2=64$

64 গ্রাম SO_2 S-এর পরিমাণ=1 গ্রাম-পরমাণু

∴ 32 " " " " $=\frac{1 \times 32}{64}=0{\cdot}5$ গ্রাম-পরমাণু
$=0{\cdot}5 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ পরমাণু
$=3{\cdot}011 \times 10^{23}$ পরমাণু

আবার, 64 গ্রাম SO_2-এ অক্সিজেনের পরিমাণ=2 গ্রাম-পরমাণু

∴ 32 „ „ „ „ $=\frac{2\times 32}{64}=1$ গ্রাম-পরমাণু

$=6{\cdot}023\times 10^{23}$ পরমাণু

উদাহরণ 34. এক মোল সোডিয়াম ক্লোরাইডে (NaCl) Na^+ এবং Cl^--এর সংখ্যা কত?

সমাধান : 1 মোল NaCl $=6{\cdot}023\times 10^{23}$ অণু NaCl

∴ 1 মোল NaCl-এ 1 মোল Na^+ এবং 1 মোল Cl^- আয়ন বর্তমান

∴ 1 মোল NaCl-এ $6{\cdot}023\times 10^{23}$ সংখ্যক Na^+ এবং $6{\cdot}023\times 10^{23}$ সংখ্যক Cl বর্তমান।

উদাহরণ 35. X ও Y দুইটি মৌলের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 70 এবং 120। X মৌলে Y মৌলকে অশুদ্ধি হিসাবে যোগ করার পর মিশ্রণটিতে X-এর পরমাণু : Y-এর পরমাণু $=1:10^{-7}$ হইলে 100 গ্রাম X-এর সহিত কত গ্রাম Y মিশ্রিত করা হইয়াছিল? [I. I. T. 1966]

সমাধান : 70 gm X=N সংখ্যক X পরমাণু [N=অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা]

120 gm Y=N „ Y „

X-এর পরমাণু : Y-এর পরমাণু $=1:10^{-7}$

∴ X-এর ওজন : Y-এর ওজন $=\frac{70}{N}:\frac{120\times 10^{-7}}{N}$

∴ $\frac{70}{N}$ gm X-এ Y-এর পরিমাণ $=\frac{120\times 10^{-7}}{N}$ gm

∴ 100 „ X-এ Y „ „ $=\frac{120\times 10^{-7}\times N\times 100}{N\times 70}$

$=1{\cdot}71\times 10^{-5}$ gm

উদাহরণ 36. এক মোল যদি $1{\cdot}00\times 10^{24}$ কণার সমান হয় তাহা হইলে (i) একটি অক্সিজেন অণুর ভর এবং (ii) এক মোল অক্সিজেন অণুর ভর কত হইবে? [I. I. T. 1977]

সমাধান : $6{\cdot}023\times 10^{23}$ অণু অক্সিজেন=32 গ্রাম অক্সিজেন

∴ 1×10^{24} „ „ $=\frac{32\times 1\times 10^{24}}{6{\cdot}023\times 10^{23}}$

বা, 53·15 গ্রাম অক্সিজেন

∴ এক মোল অক্সিজেনের ভর=53·15 গ্রাম

1×10^{24} অণু অক্সিজেনের ভর=53·15 গ্রাম

∴ 1 „ „ „ $=\frac{53{\cdot}15}{1\times 10^{24}}$

$=5{\cdot}315\times 10^{-23}$ গ্রাম

উদাহরণ 37. (a) জলের ঘনত্ব প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে 1 গ্রাম ধরিয়া এক অণু জলের আয়তন নির্ণয় কর।

(b) এক অণু জলের আয়তনের প্রায় অর্ধেক অক্সিজেন পরমাণু দখল করিয়া থাকিলে অক্সিজেন পরমাণুর ব্যাস নির্ণয় কর। [I. I. T. 1969]

সমাধান : (a) জলের আণবিক ওজন $=18$

$\therefore$ এক গ্রাম-অণু জলের আয়তন $=18$ মিলিলিটার

18 মিলিলিটার জলে অণুর সংখ্যা $=6{\cdot}023\times10^{23}$

$\therefore$ জলের একটি অণুর আয়তন $=\dfrac{18}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ মিলি.

$=2{\cdot}99\times10^{-23}$ মিলি.

(b) অক্সিজেনের একটি পরমাণুর আয়তন $=\dfrac{2{\cdot}99\times10^{-23}}{2}$ মিলিলিটার

অক্সিজেন পরমাণুর ব্যাসার্ধ r হইলে

$$\tfrac{4}{3}\pi\ r^3=\frac{2{\cdot}99\times10^{-23}}{2}$$

$\therefore\ r^3=3{\cdot}568\times10^{-24}$ মিলিলিটার

$\therefore\ r=[\,3{\cdot}568\times10^{-24}\,]^{\frac{1}{3}}=1{\cdot}528\times10^{-8}$ সেমি.

$\therefore$ ব্যাস $=2r=3{\cdot}056\times10^{-8}$ সেমি.

উদাহরণ 38. 0·90 গ্রাম জলে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত? [H. S. 1978]

সমাধান : 18 গ্রাম জলে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $=6{\cdot}023\times10^{23}$

$\therefore$ 0·90 " " " " $=\dfrac{6{\cdot}023\times10^{23}\times0{\cdot}9}{18}$

$=3{\cdot}011\times10^{22}$

উদাহরণ 39. প্রমাণ কর যে, এক গ্রাম নাইট্রোজেন এবং এক গ্রাম CO-এ অণুর সংখ্যা প্রায় সমান। (N=14) [H. S. 1979]

সমাধান : CO-এর আণবিক ওজন $=12{\cdot}01+16=28{\cdot}01$

N_2-এর " " $=28$

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে,

28·01 গ্রাম কার্বন মনোক্সাইডে অণুর সংখ্যা $=6{\cdot}023\times10^{23}$

$\therefore$ 1 " " " " " $=\dfrac{6{\cdot}023\times10^{23}}{28{\cdot}01}$

আবার, 28 গ্রাম নাইট্রোজেনে অণুর সংখ্যা $=6{\cdot}023\times10^{23}$

$\therefore$ 1 " " " " $=\dfrac{6{\cdot}023\times10^{23}}{28}$

এখন $28{\cdot}01\approx28$

∴ এক গ্রাম কার্বন মনোক্সাইডে এবং এক গ্রাম নাইট্রোজেনে অণুর সংখ্যা প্রায় সমান।

উদাহরণ 40. (a) একটি গ্যাসীয় মৌলের ঘনত্ব বাষ্প অবস্থায় অক্সিজেনের ঘনত্বের 5 গুণ। যদি ঐ মৌলের অণু ত্রিপরমাণুক হয় তাহা হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

(b) 9 গ্রাম জল এবং 18 গ্রাম জলীয় বাষ্পে অণুর সংখ্যা কত?

[H. S. 1980]

সমাধান : (a) অক্সিজেনের বাষ্প ঘনত্ব $=\frac{32}{2}=16$

∴ মৌলটির বাষ্প ঘনত্ব $=5\times16=80$

∴ মৌলটির আণবিক ওজন $=2\times80=160$

মৌলটির অণু তিনটি পরমাণু দ্বারা গঠিত

∴ মৌলটির পারমাণবিক ওজন $=\frac{160}{3}=53\cdot33$

(b) আমরা জানি এক গ্রাম-অণু যে-কোন পদার্থে অণুর সংখ্যা $6\cdot023\times10^{23}$। জলের আণবিক ওজন=18। অণুর সংখ্যা পদার্থের ভৌত অবস্থার উপর নির্ভর করে না।

∴ 18 গ্রাম জলীয় বাষ্পে অণুর সংখ্যা $=6\cdot023\times10^{23}$

এবং 9 „ „ „ „ „ $=3\cdot011\times10^{23}$

উদাহরণ 41. এক গ্রাম-অণু NO এবং 0·5 গ্রাম-অণু NO_2-এর মধ্যে কোন্‌টির ভর বেশি দেখাও। প্রত্যেকটিতে নাইট্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা কত? একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ভর কত? (N=14, O=16) [H. S. 1981]

সমাধান : এক গ্রাম-অণু NO=30 গ্রাম NO

এক গ্রাম-অণু $NO_2=46$ গ্রাম NO_2

∴ 0·5 গ্রাম-অণু $NO_2=23$ গ্রাম NO_2

∴ 1 গ্রাম-অণু NO-এর ভর 0·5 গ্রাম-অণু NO_2 অপেক্ষা বেশি

এক গ্রাম-অণু NO-তে $6\cdot023\times10^{23}$ সংখ্যক NO বর্তমান

একটি NO অণুতে একটি নাইট্রোজেন পরমাণু বর্তমান

∴ এক গ্রাম-অণু NO-তে $6\cdot023\times10^{23}$ নাইট্রোজেন পরমাণু বর্তমান

এক গ্রাম-অণু NO_2-তে $6\cdot023\times10^{23}$ সংখ্যক NO_2 বর্তমান

∴ 0·5-তে „ „ $3\cdot011\times10^{23}$ „ „ „

প্রত্যেকটি NO_2 অণুতে একটি N পরমাণু বর্তমান

∴ 0·5 গ্রাম-অণু NO_2 অণুতে $3\cdot011\times10^{23}$ নাইট্রোজেন পরমাণু বর্তমান

14 গ্রাম নাইট্রোজেনে নাইট্রোজেনের পরমাণু সংখ্যা $=6\cdot023\times10^{23}$

∴ একটি পরমাণু নাইট্রোজেনের ভর $=\frac{14}{6\cdot023\times10^{23}}$ গ্রাম

$=2\cdot3\times10^{-23}$ গ্রাম

উদাহরণ 42. 1 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসীয় মৌল 2 লিটার আয়তনের অপর একটি গ্যাসীয় মৌলের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে 1 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন হয়। (আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে)। মৌল দুইটি দ্বিপরমাণুক বলিয়া জানা আছে। মৌল দুইটির প্রতীক যথাক্রমে X ও Z ধরিয়া যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [H. S. 1982]

সমাধান : প্রশ্নানুসারে সমচাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার X 2 লিটার Z-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 1 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন করে। যদি 1 লিটার আয়তনের অণুর সংখ্যা n হয় তাহা হইলে অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প অনুসারে :

n অণু X $+ 2n$ অণু Z $= n$ অণু গ্যাসীয় যৌগ

বা, 1 „ X + 2 „ Z = 1 অণু „ „

বা, 2 পরমাণু X + 4 পরমাণু Z = 1 অণু গ্যাসীয় যৌগ

[∵ মৌল দুইটি দ্বিপরমাণুক]

∴ গ্যাসীয় যৌগটির আণবিক সঙ্কেত X_2Z_4

উদাহরণ 43. (a) 100°C উষ্ণতা ও 300 মিমি. চাপে এক মোল গ্যাসের মধ্যে অণুর সংখ্যা অ্যাভোগেড্রো সংখ্যার সমান না উহা অপেক্ষা বেশি বা কম?

(b) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি মিশ্রণে ওজন হিসাবে 20% হাইড্রোজেন আছে। মিশ্রণটির প্রতি গ্রামে মোট কতগুলি অণু আছে? [H. S. 1983]

সমাধান : (a) যেহেতু যে-কোন পদার্থের এক মোলে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যক অণু থাকে এবং এই সংখ্যা উষ্ণতা বা চাপের উপর নির্ভরশীল নহে সেইহেতু প্রদত্ত শর্তে এক মোল গ্যাসের মধ্যে অণুর সংখ্যা অ্যাভোগেড্রো সংখ্যার সমান।

(b) মিশ্রণটির 1 গ্রামে হাইড্রোজেনের পরিমাণ 0·2 গ্রাম এবং অক্সিজেনের পরিমাণ 0·8 গ্রাম।

0·2 গ্রাম হাইড্রোজেন $\equiv \dfrac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 0{\cdot}2}{2}$ সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু

$\equiv 6{\cdot}023 \times 10^{22}$ „ „ „

আবার, 0·8 গ্রাম অক্সিজেন $\equiv \dfrac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 0{\cdot}8}{32}$ „ অক্সিজেন „

$\equiv 1{\cdot}5 \times 10^{22}$ „ „ „

∴ 1 গ্রাম মিশ্রণে মোট অণুর সংখ্যা $= (6{\cdot}023 + 1{\cdot}5) \times 10^{22} = 7{\cdot}523 \times 10^{22}$

($\equiv$ এই চিহ্নের অর্থ সমতুল্য)।

উদাহরণ 44. (a) একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুর ওজন নির্ণয় কর।

(b) 4°C উষ্ণতায় 1·8 c.c জলে কতগুলি জলের অণু রহিয়াছে নির্ণয় কর। [H. S. 1984]

সমাধান: (a) এক গ্রাম-পরমাণু ম্যাগনেসিয়াম=24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম

$6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুর ওজন 24 গ্রাম

∴ একটি " " " $=\frac{24}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ গ্রাম

$=3{\cdot}98\times10^{-23}$ গ্রাম

(b) 4°C উষ্ণতায় 1·8 c.c. জল=1·8 গ্রাম জল

18 গ্রাম-জলে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023\times10^{23}$

∴ 1·8 " " " " $6{\cdot}023\times10^{22}$

∴ 4°C উষ্ণতায় 1·8 c.c. জলে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023\times10^{22}$

উদাহরণ 45. একটি যৌগের স্থূল সঙ্কেত CH_2O এবং বাষ্প ঘনত্ব 90। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর (C=12, H=1, O=16) [H. S. 1985]

সমাধান: যৌগটির আণবিক ওজন=2×90=180

ধরি, যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $(CH_2O)_x$

প্রশ্নানুসারে, $(12+2+16)\times x=180$

বা, $30x=180$ ∴ $x=6$

সুতরাং, যৌগটির আণবিক সঙ্কেত হইল $C_6H_{12}O_6$

উদাহরণ 46. এক গ্রাম জলের মধ্যে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা কত? [Tripura H. S. 1980]

সমাধান: 18 গ্রাম জল≡$6{\cdot}023\times10^{23}$ অণু জল

∴ 1 গ্রাম জল≡ $\frac{6{\cdot}023}{18}\times10^{23}$ " " $=3{\cdot}3\times10^{22}$ অণু জল

1 অণু জলে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা 2

∴ $3{\cdot}3\times10^{22}$ " " " " $6{\cdot}6\times10^{22}$

∴ এক গ্রাম জলে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা=$6{\cdot}6\times10^{22}$

উদাহরণ 47. (a) 0·5 গ্রাম ওজনের জলের মধ্যে কত সংখ্যক জলের অণু বর্তমান?

(b) প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 100 c.c. গ্যাসের ওজন 0·317 গ্রাম গ্যাসটির আণবিক ওজন ও বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় কর। [Tripura H. S. 1981]

সমাধান: (a) জলের আণবিক ওজন 18

∴ 18 গ্রাম জলে জলের অণু সংখ্যা=$6{\cdot}023\times10^{23}$

∴ 0·5 " " " " $=\frac{6{\cdot}023\times10^{23}}{18}\times0{\cdot}5$

$=1{\cdot}7\times10^{22}$

(b) N. T. P.-তে 100 c.c. গ্যাসের ওজন 0·317 গ্রাম

∴ " 22400 " " " $\frac{0{\cdot}317\times22400}{100}$ গ্রাম=71 গ্রাম

∴ গ্যাসটির আণবিক ওজন=71 এবং গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব=$\frac{71}{2}$=35·5

উদাহরণ 48. (a) একটি গ্যাস মিশ্রণে আয়তন-অনুযায়ী 3 ভাগ CO এবং 1 ভাগ CO_2 আছে। মিশ্রণটি তপ্ত কাঠ কয়লার উপর দিয়া চালনা করার পর উহার আয়তন কত হইবে? [Tripura H. S. 1982]

(b) যে-সংখ্যক পরমাণু 7·0 গ্রাম নাইট্রোজেন গ্যাসের মধ্যে আছে তাহা কত গ্রাম অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে বর্তমান?

সমাধান: (a) $C + CO_2 \rightarrow 2\,CO$

1 আয়তন CO_2 হইতে 2 আয়তন CO পাওয়া যায়

∴ বিক্রিয়া শেষে মিশ্রণটির মোট আয়তন হইবে

(3+2) আয়তন বা 5 আয়তন

(b) 14 গ্রাম নাইট্রোজেনে পরমাণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ 7 " " " " $3{\cdot}011 \times 10^{23}$

$6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণুর ওজন 16 গ্রাম

∴ $3{\cdot}011 \times 10^{23}$ " " " " $\dfrac{16 \times 3{\cdot}011 \times 10^{23}}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$

$= 8$ গ্রাম

∴ 7 গ্রাম নাইট্রোজেনে যতসংখ্যক নাইট্রোজেন পরমাণু বর্তমান, 8 গ্রাম অক্সিজেনে সমসংখ্যক অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান।

উদাহরণ 49. 27°C তাপমাত্রা এবং 750 চাপে এক লিটার আয়তন কোন একটি গ্যাসের ওজন 1·215 গ্রাম। ইহার গ্রাম আণবিক ওজন গণনা কর। [Tripura H. S. 1983]

সমাধান: ধরা যাক, N. T. P.-তে উল্লিখিত গ্যাসের 1 লিটারের আয়তন V লিটার

∴ $\dfrac{V \times 760}{273} = \dfrac{1 \times 750}{300}$

∴ $V = \frac{750 \times 273}{760 \times 300}$ লিটার $= 0{\cdot}898$ লিটার

∵ 0·898 লিটার গ্যাসের ওজন $= 1{\cdot}215$ গ্রাম

∴ 22·4 " " " $= \dfrac{1{\cdot}215 \times 22{\cdot}4}{0{\cdot}898}$ গ্রাম

$= 30{\cdot}31$ গ্রাম $=$ গ্যাসটির এক গ্রাম-অণু

উদাহরণ 50. 0·20 গ্রাম অ্যাটম অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত হইবে? [Tripura H. S. 1984]

সমাধান: এক গ্রাম-অণু বা 2 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন 22·4 লিটার।

∴ 0·2 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন $\dfrac{22{\cdot}4 \times 0{\cdot}2}{2}$ লিটার

$= 2{\cdot}24$ লিটার

উদাহরণ 51. N. T. P.-তে একটি গ্যাসের 250 সি. সি.-র ওজন 0·7317 গ্রাম ; N. T. P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0·08987 লিটার ; গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব কত ? ইহার আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [J. E. 1978]

সমাধান : N. T. P.-তে গ্যাসটির ঘনত্ব $=\frac{0{\cdot}7317}{0{\cdot}250}$ গ্রাম/লিটার

$=2{\cdot}93$ গ্রাম/লিটার

$\therefore$ গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব $=\frac{2{\cdot}93}{0{\cdot}0898}=32{\cdot}6$

এবং গ্যাসটির আণবিক ওজন $=32{\cdot}6\times2=65{\cdot}2$

উদাহরণ 52. ফসফরাসের একটি গ্যাসীয় যৌগকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে, N. T. P.-তে যৌগটির 1 লিটারে কমপক্ষে 1·384 গ্রাম ফসফরাস বর্তমান। আবার N. T. P.-তে 1 লিটার ফসফরাস বাষ্পের ওজন 5·536 গ্রাম। প্রদত্ত তথ্য হইতে ফসফরাসের আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব, আণবিক গুরুত্ব এবং পরমাণুকতা সম্বন্ধে কি সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় ? [J. E. 1982]

সমাধান : N. T. P.-তে

1 লিটার ফসফরাস বাষ্পের ওজন $=5{\cdot}536$ গ্রাম

$\therefore$ 22·4 " " " " $=5{\cdot}536\times22{\cdot}4$ গ্রাম $=124$

$\therefore$ বাষ্প অবস্থায় ফসফরাসের আণবিক ওজন $=124$

গ্যাসীয় যৌগটির 1 লিটারে ফসফরাসের পরিমাণ $=1{\cdot}384$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম মোলে বা 22·4 " " " $=1{\cdot}384\times22{\cdot}4$

$=31$ গ্রাম

$\therefore$ 1 গ্রাম মোল গ্যাসীয় যৌগে কমপক্ষে 31 গ্রাম ফসফরাস থাকিবে

$\therefore$ ফসফরাসের পারমাণবিক ওজন $=31$

এবং ফসফরাসের পরমাণুকতা $=\frac{124}{31}=4$

উদাহরণ 53. এক পরমাণু অক্সিজেনের ভর কত ? [J. E: 1983]

সমাধান : অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন $=16$ গ্রাম

$\therefore$ $6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণুর ওজন $=16$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন $=\frac{16}{6{\cdot}023\times10_{23}}$ "

$=2{\cdot}66\times10^{-23}$ "

উদাহরণ 54. মারকারির ঘনত্ব 13·6 গ্রাম/মিলি.। একটি মারকারি পরমাণুর ব্যাস বাহির কর। ধরিয়া লও, মারকারির একটি পরমাণুকে ঘনকে প্রকাশিত করিলে উহার প্রত্যেকটি বাহুর দৈর্ঘ্য উহার ব্যাসের সমান হয়।

[I. I. T. 1983]

সমাধান : মারকারির পারমাণবিক ওজন $=200{\cdot}6$

$\therefore$ 1 গ্রাম-পরমাণু মারকারির আয়তন $=\frac{200{\cdot}6}{13{\cdot}6}=14{\cdot}74$ মিলি.

$\therefore$ 1 পরমাণু মারকারির আয়তন $=\frac{14\cdot75}{6\cdot023\times10^{23}}$

$=2\cdot45\times10^{-23}$ মিলি.

$\therefore$ প্রশ্নানুসারে পারমাণবিক ব্যাস d ধরিলে

$$d^3=2\cdot45\times10^{-23}$$

$$\therefore\ d=\left(2\cdot45\times10^{-23}\right)^{\frac{1}{3}}=\left(24\cdot5\times10^{-24}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ সেমি.}$$

$$=\sqrt[3]{24\cdot5}\times10^{-8} \text{ সেমি.}=2\cdot904\times10^{-8} \text{ সেমি.}$$

উদাহরণ 55. NO_2 এবং N_2O_4 মিশ্রিত আছে এমন একটি গ্যাস মিশ্রণের বাষ্প ঘনত্ব 26·7°C উষ্ণতায় 38·3 (হাইড্রোজেন=1)। মিশ্রণটির 100 গ্রামে NO_2-এর মোল সংখ্যা বাহির কর। [I. I. T. 1979]

সমাধান : NO_2-এর বাষ্প ঘনত্ব=23, N_2O_4-এর বাষ্প ঘনত্ব=46

ধরা যাক, মিশ্রণে NO_2-এর পরিমাণ x গ্রাম

$\therefore$ N_2O_4-এর পরিমাণ $(100-x)$ গ্রাম।

শর্তানুসারে, $\frac{x}{23}+\frac{100-x}{46}=\frac{100}{38\cdot3}$ [$\because$ প্রকৃত ঘনত্ব=বাঃ ঘনত্ব $\times H_2$-এর প্রকৃত ঘনত্ব]

$x=20$ গ্রাম $=NO_2$-এর ওজন

$\therefore$ NO_2-এর মোল সংখ্যা $=\frac{20}{46}=0\cdot43$

সার-সংক্ষেপ

গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র এবং ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের মধ্যে সমন্বয় সাধনে বার্জেলিয়াসের প্রকল্প।

প্রকল্প : সমচাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমসংখ্যক পরমাণু বর্তমান। বার্জেলিয়াসের সময় যৌগের ও মৌলের ক্ষুদ্রতম কণাকে পরমাণু বলা হইত।

বার্জেলিয়াসের প্রকল্পের ব্যর্থতা : এই প্রকল্প সঠিক ধরিলে পরমাণু বিভাজ্য হইয়া পড়ে। ইহা ডালটনের পরমাণু তত্ত্বের বিরোধী।

অ্যাভোগেড্রো-কর্তৃক অসমাঞ্জস্য দূরীকরণ এবং তাঁহার প্রকল্প : তাঁহার মতে মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ দুই রকম কণার দ্বারা গঠিত। স্বাধীন সত্তা বিশিষ্ট যে-ক্ষুদ্রতম কণার মধ্যে পদার্থের সকল ধর্ম বর্তমান তাহাকে তিনি অণু (molecule) আখ্যা দেন। অণু বিভাজ্য এবং ইহাকে ভাঙিলে দ্বিতীয় প্রকার কণা অর্থাৎ পরমাণু (atom) পাওয়া যায়। পরমাণুই পদার্থের অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম কণা। পরমাণু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। পরমাণুর স্বাধীন সত্তা না-ও থাকিতে পারে। মৌলের অণু একই পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগের অণু বিভিন্ন পরমাণু দ্বারা

গঠিত। রাসায়নিক বিক্রিয়া কালে অণু ভাঙিয়া পরমাণুতে পরিণত হয় এবং এই পরমাণুগুলি সরল সংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে।

অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প : একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন সকল মৌলিক ও যৌগিক গ্যাসে সমানসংখ্যক অণু বর্তমান।

অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্পের সাফল্য : বার্জেলিয়াসের প্রকল্পের ত্রুটিগুলি অপসারণ করিয়া ডালটনের পরমাণুবাদের ভিত্তিতে গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ব্যাখ্যা করিতে সমর্থ হইয়াছে।

আণবিক গুরুত্ব : কোনও পদার্থের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন অপেক্ষা অথবা একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা অথবা একটি কার্বন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশ অপেক্ষা যত গুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাটিকে ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলা হয়।

গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব : কোনও মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যত গ্রাম পদার্থ হয় তাহাকে ঐ পদার্থের এক **গ্রাম-অণু** বা এক **গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব** বলে। ইহাকে সংক্ষেপে 'মোল'-ও বলা হয়।

গ্রাম-আণবিক আয়তন : নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণু যে-কোন পদার্থের আয়তনকে ঐ অবস্থায় পদার্থটির গ্রাম-আণবিক আয়তন বলা হয়। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ($t=0°C$, $p=760$ মিমি.) সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22400 মিলি. বা 22·4 লিটার।

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প হইতে উদ্ভূত গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্ত :

(a) হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি কতকগুলি সাধারণ মৌলিক গ্যাসের অণু দুইটি পরমাণু দিয়া গঠিত।

(b) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ, $M=2D$।

একই চাপ ও উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তন কোন গ্যাস সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা যত গুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাটি হইল গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব।

(c) সম-উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ মৌলিক বা যৌগিক গ্যাসের আয়তন সমান এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ইহার মান 22·4 লিটার।

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ :

(a) আয়তনগত সংযুতি হইতে গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা সম্ভব।

(b) একাধিক গ্যাসীয় যৌগ দেয় এমন কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা : এক গ্রাম-অণু যে-কোন পদার্থে অণুর সংখ্যা

সমান। ইহার মান $6 \cdot 023 \times 10^{23}$। ইহাকে 'N' দ্বারা সূচিত করা হয় এবং ইহাকে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা বলা হয়।

$$\text{কোন পদার্থের একটি অণুর প্রকৃত ওজন} = \frac{\text{পদার্থের গ্রাম আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা}}$$

$$\text{কোন মৌলের একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন} = \frac{\text{মৌলটির গ্রাম পারমাণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা}}$$

মোলের সংখ্যাবাচক ধারণা : পদার্থের $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক যে-কোন কণার সমষ্টিকে 'মোল' বলা হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. বার্জেলিয়াসের প্রকল্প কি? অ্যাভোগেড্রো কিভাবে বার্জেলিয়াসের প্রকল্পকে সংশোধন করেন তাহা বুঝাইয়া দাও?

2. ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ব্যাখ্যা করা সম্ভব নহে কিন্তু অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে ইহা কি ভাবে ব্যাখ্যা করা সম্ভব?

3. অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্পটি বিবৃত কর। [J. E. 1978, 1982] এ‹ প্রকল্পটির প্রয়োজন কেন হইয়াছিল? [H. S. 1978, '79, Tripura H. S. '85] ইহা হইতে কি ভাবে অণু এবং পরমাণুর ধারণা সৃষ্টি হইল বুঝাইয়া দাও।

4. অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র এবং ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে সমন্বয় সাধন করিয়াছে—ইহা উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও।

5. অ্যাভোগেড্রো প্রকল্পের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদের সংশোধিত রূপটি কি?

6. অ্যাভোগেড্রো প্রকল্পের উপযোগিতা এবং তাৎপর্য বিচার কর।

7. প্রমাণ কর যে, (a) এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান; (b) এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের N.T.P.-তে আয়তন 22·4 লিটার।
[Tripura H. S. 1983, J. E. 1984, H. S. 1980]

8. বাষ্পীয় ঘনত্ব কাহাকে বলে? [H. S. 1984] প্রমাণ কর যে, (a) কোন গ্যাসের আণবিক ওজন উহার বাষ্পীয় ঘনত্বে দ্বিগুণ। [J. E. 1982, Tripura H. S. 1982, 1985, H. S. 1980, 1983] (b) হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাসগুলির অণু দ্বিপরমাণুক। [J. E. 1978]

9. আণবিক ওজনের সংজ্ঞা দাও। অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন এবং আণবিক সঙ্কেত কি ভাবে নির্ণয় করা হয়? একটি অণুর প্রকৃত ওজন বলিতে কি বুঝ?

10. গ্রাম-আণবিক ওজন বলিতে কি বুঝ? আয়তনগত সংযুতি হইতে গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের আণবিক সঙ্কেত কি ভাবে নির্ণয় করা যায়?

11. অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়—উদাহরণসহ প্রমাণ দাও।

12. অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা কি? ইহার মান কত? [J. E. 1982, H. S. 1981, Tripura H. S. 1981] এই মানের সাহায্যে অক্সিজেনের একটি অণু এবং একটি পরমাণুর ওজন নির্ণয় কর।

13. টীকা লিখ: (a) অণু ও গ্রাম-অণু, (b) পরমাণু ও গ্রাম-পরমাণু, (c) পারমাণবিক ওজন, (d) আণবিক ওজন, (e) গ্রাম-আণবিক আয়তন, (f) অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা।

14. ক্যানিজারো পদ্ধতিতে নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন কিভাবে নির্ণয় করিবে?

15. মোল একক বলিতে কি বুঝা যায়? এই একক ব্যবহারে সুবিধা কি? এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনে কত মোল হাইড্রোজেন অণু এবং কত মোল হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান?

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. সমচাপ ও তাপমাত্রায় N_2 এবং O_2-এর সম-আয়তনের ভরের সম্পর্ক নিম্নে প্রকাশ করা হইল। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি ঠিক বল:

(a) $m(O_2) > m(N_2)$; (b) $m(N_2) > m(O_2)$; (c) $m(O_2) = m(N_2)$

2. সম-আয়তন H_2 এবং Cl_2 মিশ্রিত করা হইল। বিক্রিয়ার পর মিশ্রণের আয়তন কি ভাবে পরিবর্তিত হইবে?

(a) আয়তনের কোন পরিবর্তন হইবে না ; (b) আয়তন প্রাথমিক আয়তনের দ্বিগুণ হইয়া যাইবে ; (c) আয়তন প্রাথমিক আয়তনের অর্ধেক হইবে।

3. সমচাপ ও তাপমাত্রায় এক মোল HCl এবং এক মোল Cl_2-এর আয়তনের সম্পর্ক কি হইবে?

(a) $V(HCl) > V(Cl_2)$; (b) $V(HCl) = V(Cl_2)$; (e) $V(HCl) < V(Cl_2)$

4. HBr গ্যাসকে উত্তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করিয়া দেখা গেল যে, গ্যাসের আয়তনের কোনও পরিবর্তন হইল না। এই বিয়োজন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি কি কি?

(a) H এবং Br পরমাণু ; (b) H_2 এবং Br_2 অণু ; (c) H_2 অণু এবং Br পরমাণু।

5. নীচের বক্তব্যগুলির কোন্‌টি হইতে প্রমাণিত হয় যে, নিয়ন একটি এক পরমাণুক গ্যাস?

(a) নিয়ন অন্য কোন মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে না ;

(b) নিয়নের ঘনত্ব ঠিক পরের নিষ্ক্রিয় গ্যাস আরগনের ঘনত্বের অর্ধেক ;

(c) ইহার ঘনত্ব ক্লোরিনের ঘনত্বের প্রায় অর্ধেক। [উঃ। (c)]

6. বায়ুর সাপেক্ষে ক্লোরিনের ঘনত্ব কত ?

(a) 2·44 ; (b) 3·0 ; (c) বাস্তব পরীক্ষায় ইহা কেবল বাহির করা যায়। [উঃ। (a)]

7. একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে 30·4% নাইট্রোজেন আছে। একটি অক্সাইড অণুতে কেবল একটি নাইট্রোজেন পরমাণু আছে। অক্সিজেন সাপেক্ষে অক্সাইডটির ঘনত্ব কত ? (a) 0·94 ; (b) 1·44 ; (c) 1·50 [উঃ। (b)]

8. একটি সালফার পরমাণুর ওজন একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের দ্বিগুণ। ইহার ভিত্তিতে আমরা কি বলতে পারি যে, সালফার বাষ্পের ঘনত্ব অক্সিজেনের ঘনত্বের দ্বিগুণ। (a) হাঁ ; (b) না। [উঃ। (b)]

9. কোন্‌টি ঠিক বল :

(a) গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন হইল, (i) 1 গ্রাম গ্যাসের আয়তন (ii) $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক গ্যাস অণুর আয়তন, (iii) 22·4 গ্রাম গ্যাসের আয়তন, (iv) 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের আয়তন, (v) $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন। [I. I. T. 1972]

(b) একটি গ্যাসের ঘনত্ব অপর একটি গ্যাসের ঘনত্বের 8 গুণ। প্রথম গ্যাসটির আণবিক ওজন M হইলে দ্বিতীয়টির আণবিক ওজন (i) $\frac{M}{8}$, (ii) $\frac{M}{16}$, (iii) $\frac{M}{4}$, (iv) 2M.

(c) একটি উদ্বায়ী যৌগের আণবিক ওজন (i) উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের সমান, (ii) উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ, (iii) উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের অর্ধেক, (iv) উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের সহিত সম্পর্কহীন।

(d) N. T. P.-তে 2·2 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন (i) 11200 মিলি., (iii) 56 মিলি., (iii) 560 মিলি., (iv) 1120 মিলি.।

(e) একটি গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত $(CO)_x$। উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 70 হইলে x-এর মান (i) 7, (ii) 5, (iii) 6, (iv) ইহাদের কোনটিই নয়।

(f) S. T. P.-তে 1 লিটার অক্সিজেনের ওজন, (i) 1·43 গ্রাম, (ii) 22·4 গ্রাম, (iii) 11·2 গ্রাম, (iv) 22·4 মিলিগ্রাম।

(g) N. T. P.-তে 0·34 গ্রাম অ্যামোনিয়ার আয়তন (i) 224 মিলি., (ii) 112 মিলি., (iii) 170 মিলি., (iv) 448 মিলি.।

(h) একটি গ্যাসের আণবিক ওজন 44·8। 0°C উষ্ণতা এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে গ্যাসটির 2 গ্রামের আয়তন, (i) 0·5 লিটার, (ii) 1 লিটার, (iii) 2 লিটার, (iv) 11·2 লিটার।

(i) N. T. P.-তে একটি গ্যাসের 30 গ্রামের আয়তন 2·8 লিটার। গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব—(i) 60, (ii) 120, (iii) 30, (iv) 240।

(j) 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরমাণুর সংখ্যা (i) N, (ii) 3N, (iii) 4·4 N, (iv) 0·5N (N=অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা)

(k) NH_4Cl-কে উত্তপ্ত করিলে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণ অনুযায়ী বিয়োজিত হয়। $NH_4Cl \rightarrow NH_3 + HCl$ উৎপন্ন বাষ্পের ঘনত্ব (হাইড্রোজেন সাপেক্ষে)—(i) উহার আণবিক ওজন, (ii) $\frac{1}{2}\times$আণবিক ওজন, (iii) $\frac{1}{4}\times$আণবিক ওজন, (iv) ইহাদের মধ্যে কোনটিই নয়।

(l) O_2 এবং SO_2-আণবিক ওজন যথাক্রমে 32 এবং 64। 15°C উষ্ণতা এবং 750 মিলি. চাপে 1 লিটার অক্সিজেনে N সংখ্যক অণু থাকিলে সমচাপ ও তাপমাত্রায় 2 লিটার SO_2-এ অণুর সংখ্যা (i) $\frac{N}{2}$, (ii) N, (iii) 2N, (iv) 4N।

(m) একটি গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব 11·2। N. T. P.-তে 11·2 গ্রাম গ্যাসের আয়তন (i) 1 লিটার, (ii) 11·2 লিটার, (iii) 22·4 লিটার, (iv) 2 লিটার।

(n) একটি গ্যাস মিশ্রণে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ওজনগত অনুপাত 1 : 4। মিশ্রণটিতে গ্যাস দুইটির মোল সংখ্যায় অনুপাত (i) 1 : 4, (ii) 1 : 8, (iii) 7 : 32, (iv) 3 : 16।

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 100 c.c. হাইড্রোজেনের সহিত 75 c.c. ক্লোরিন মিশ্রিত করিয়া সূর্যালোকের উপস্থিতিতে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়ার পর বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তন এবং সংযুতি কি হইবে যদি সমচাপ ও তাপমাত্রায় আয়তনগুলি মাপা হইয়া থাকে? [উঃ। বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট আয়তন=175 c.c., HCl=150 c.c., H_2=25 c.c.]

2. 15 c.c. কার্বন মনোক্সাইডের সহিত 30 c.c. অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়া শেষে বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তন ও সংযুতি নির্ণয় কর। সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছিল।
[উঃ। বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট আয়তন=37·5 c.c., CO_2=15 c.c., O_2=22·5 c.c.]

3. 20°C উষ্ণতায় এবং 680 mm চাপে (a) 4 gm নাইট্রাস অক্সাইড, (b) 128 gm অক্সিজেন এবং (c) 3·55 gm ক্লোরিনের আয়তন নির্ণয় কর।
[উঃ। (a) 2·44 litre, (b) 107·5 litre, (c) 1·344 litre]

4. একটি গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত C_3H_8। N. T. P.-তে এই গ্যাসের 2 gm-এর আয়তন কত হইবে? [উঃ। 1·018 litre]

5. N. T. P.-তে একটি গ্যাসের 0·75 gm-এর আয়তন 500 c.c. গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ। 33·6]

6. হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি মিশ্রণের 100 c.c.-কে লইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়া শেষে বিক্রিয়াজাত পদার্থের উষ্ণতা প্রাথমিক উষ্ণতায় আনা হইল। ইহার ফলে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প তরলীভূত হইল। দেখা গেল যে, অবশিষ্ট গ্যাস কেবলমাত্র অক্সিজেন এবং উহার আয়তন 10 c.c.। যদি সমচাপে এবং সম উষ্ণতায় সকল আয়তনগুলি মাপা হইয়া থাকে তবে প্রাথমিক গ্যাস মিশ্রণের আয়তন গত সংযুতি কি ছিল? [উঃ। H_2 = 60 c.c., O_2 = 40 c.c.]

7. একটি গ্যাসীয় যৌগের স্থূল সঙ্কেত CH_3। N. T. P.-তে 746 c.c. গ্যাসটির ওজন 1 gm। গ্যাসটির আণবিক সঙ্কেত বাহির কর। [উঃ। C_2H_6]

8. 17°C এবং 735 mm চাপে 580 c.c. একটি গ্যাসের ওজন 0·83 gm। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত? [উঃ। 35·2]

9. হাইড্রোজেন সালফাইডের সঙ্কেত H_2S। সমচাপ ও তাপমাত্রায় 1 ঘন ফুট H_2S 1 ঘন ফুট হাইড্রোজেন অপেক্ষা কত গুণ ভারী হইবে? [উঃ। 17]

10. 1·32 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের N. T. P.-তে আয়তন 672 c.c.। কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ। 44]

11. 24°C উষ্ণতা ও 740 mm চাপে একটি গ্যাসের 0·26 gm-এর আয়তন 100 c.c.। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ। 65]

12. ব্রোমিনের কয়েকটি যৌগের বাষ্প-ঘনত্ব এবং যৌগগুলিতে ব্রোমিনের ওজনের শতকরা পরিমাণ দেওয়া হইল। ব্রোমিনের সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

যৌগ	বাষ্প ঘনত্ব	ব্রোমিনের শতকরা ভাগ
মিথাইল ব্রোমাইড	47·5	84·21
ইথিলিন ব্রোমাইড	94	85·11
টিন ব্রোমাইড	219	73·06
ইথাইল ব্রোমাইড	54·5	73·4
ট্রাইব্রোমো প্রোপেন	140·5	85·4

[উঃ। 80]

13. (a) সমান ওজনের দুইটি গ্যাস A ও B একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুইটি পৃথক পাত্রে রক্ষিত আছে। A ও B-এর আণবিক গুরুত্বের অনুপাত 2 : 3 হইলে পাত্র দুইটির আয়তনের অনুপাত কি হইবে?

(b) এক কিলোগ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইতে পারে? [H. S. 1982]

[উঃ। 3 : 2 ; 224 লিটার]

14. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের গ্রাম প্রতি আয়তন 280 মিলি-লিটার হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব কত? [H. S. 1982] [উঃ। 79·4]

15. (a) 24 গ্রাম ওজনের একটি কঠিন মৌলিক পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে পরিণত করিতে 44·8 লিটার (N. T. P.-তে মাপা হইয়াছে) অক্সিজেন প্রয়োজন হইল। গ্যাসীয় অক্সাইডটি N. T. P.-তে 44·8 লিটার আয়তন দখল করে। উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন কত গ্রাম এবং উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব কত?

(b) 4°C উষ্ণতায় 1·8 c.c জলে কতগুলি অণু রহিয়াছে নির্ণয় কর।

[H. S. 1984] [উঃ। 88 গ্রাম, 22, $6{\cdot}023 \times 10^{22}$]

16. একটি গ্যাসীয় যৌগে কার্বনের পরিমাণ 82·7% এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণ 17·3%। সমচাপ ও উষ্ণতায় গ্যাসটির 1 লিটার, 500 c.c. হাইড্রোজেন অপেক্ষা 58 গুণ ভারী; গ্যাসটির প্রকৃত সঙ্কেত কি? [উঃ। C_4H_{10}]

17. 10 c.c. অ্যামোনিয়া এবং 10 c.c. হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠান হইল। ইহার ফলে অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইল। বিয়োজনের পর মোট আয়তন কত হইবে? ইহার মধ্যে হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেনের আয়তন কত? সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। [উঃ। 30, H_2=25 c.c., N_2=5 c.c.]

18. 7 mg $^{14}_{6}C$-এ মোট কতগুলি নিউট্রন আছে? নিউট্রনগুলির মোট ভর কত? ধরিয়া লও যে, একটি নিউট্রনের ভর একটি হাইড্রোজেনের ভরের সমান।

[I. I. T 1980] [উঃ। নিউট্রন=$24{\cdot}092 \times 10^{20}$, মোট ভর=4 mg]

19. CO এবং CO_2-এর 1 লিটার মিশ্রণ লওয়া হইল। মিশ্রণটিকে একটি দহন নলের মধ্যে অবস্থিত লাল তপ্ত চারকোলের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। ইহার ফলে আয়তন হইল 1·6 লিটার। আয়তনগুলি সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি কি ছিল? [I. I. T. 1980]

[উঃ। CO_2-60%, CO-40%]

20. S. T. P.-তে 280 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনের ওজন 0·4 gm অক্সিজেনের আণবিক ওজন কত? [উঃ। 32]

21. একটি বায়ুশূন্য পাত্রের ওজন 30·740 gm। শুষ্ক হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ করার পর ইহার ওজন হইল 30·920 gm। সমচাপ ও তাপমাত্রায় শুষ্ক ক্লোরিন দ্বারা পূর্ণ করিবার পর পাত্রটির ওজন হইল 37·130 gm। এই তথ্যের উপর ভিত্তি করিয়া ক্লোরিনের আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ। 71]

22. শক্ত কাচ দ্বারা তৈয়ারী একটি পরীক্ষা-নলে মারকিউরিক অক্সাইড HgO লইয়া ওজন করার পর ওজন দেখা গেল 16·720 gm। পরীক্ষা নলটি এমন একটি যন্ত্রের সহিত যুক্ত করা হইল যাহা নলটিকে উত্তপ্ত করিলে, উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন মাপিতে পারিবে। পরীক্ষা-নলটিকে উত্তপ্ত করিবার পর দেখা গেল উৎপন্ন মারকারির (Hg) পরিমাণ 16·170 gm। 14°C তাপমাত্রায় এবং 770 mm চাপে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন 400 c.c.। অক্সিজেনের আণবিক ওজন কত?

[উঃ। 32]

23. বায়ুর আয়তনগত সংযুতি হইল নাইট্রোজেন 80% এবং অক্সিজেন 20%। অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন উভয়ই দ্বিপরমাণুক গ্যাস। S. T. P.-তে 1 লিটার বায়ুর ওজন কত?

24. ${}^{12}_{6}C$-এর একটি পরমাণুর ওজন কত? ${}^{12}_{6}C$-এর 1 গ্রামে কতগুলি পরমাণু আছে? [উঃ $1 \cdot 99 \times 10^{-23}$g, $5 \cdot 02 \times 10^{22}$ পরমাণু]

25. একটি মৌল X-এর একটি পরমাণুর ওজন $1 \cdot 42 \times 10^{-22}$ gm, X-এর পারমাণবিক ওজন কত?

26. (a) H_2, (b) H_2O, (c) NH_3, (d) CH_4—ইহাদের প্রত্যেকটির 10 gm-এ মোল সংখ্যা এবং অণুর সংখ্যা এবং পরমাণুর সংখ্যা বাহির কর।

27. আরসেনিকের (As) একটি অক্সাইডে শতকরা 75·7 ভাগ আরসেনিক বর্তমান। অক্সাইডটির স্থূল সঙ্কেত বাহির কর। অক্সাইডটির আণবিক ওজন 295·6। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? [উঃ। As_2O_3]

28. 5 গ্রাম পরমাণু নাইট্রোজেনের ওজন কত? [উঃ। 70 gm]

29. 288 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামে কত গ্রাম-পরমাণু ম্যাগনেসিয়াম বর্তমান?
[উঃ। 12 গ্রাম-পরমাণু]

30. (a) কার্বন মনোক্সাইড, (b) সোডিয়াম ক্লোরাইড, (c) পটাসিয়াম সালফেট, (d) হাইড্রোজেন সালফাইড—ইহাদের প্রত্যেকটির এক মোলের ওজন কত?

31. নিম্নলিখিত যৌগগুলির 20 গ্রামে মোল সংখ্যা বাহির কর:
(a) $C_{12}H_{12}O_{11}$, (b) H_2SO_4, (c) $CaCO_3$
[উঃ। (a) ·058, (b) 0·204, (c) 0·2]

32. নিম্নলিখিত যৌগগুলির প্রত্যেকটির এক মোলে কত মোল করিয়া অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান?
(a) $C_6H_{12}O_6$, (b) NaOH, (c) CH_3COOH
[উঃ। (a) 6, (b) 1, (c) 2]

33. 20 গ্রাম ক্যালসিয়ামের মধ্যে ক্যালসিয়াম পরমাণুর সংখ্যা এবং গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা কত? [উঃ। $1 \cdot 5 \times 10^{23}$, 0·25]

34. $CaH_2\ (s) + 2H_2O(g) \rightarrow Ca(OH)_2(s) + 2H_2(g)$ এই সমীকরণটির সাহায্যে নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূরণ কর:

(i)	মোল	2 মোল	+……→……+……
(ii)	গ্রাম	42 গ্রাম	+……→……+……
(iii)	হাইড্রোজেন পরমাণু	$6 \cdot 02 \times 10^{23}$	+……→……+……

[Punjab, 1972]

35. S. T. P.-তে 2800 ml একটি গ্যাসের ওজন 7 gm গ্যাসটির আণবিক ওজন কত? [উঃ। 56]

36. 10°C এবং 566 mm চাপে নাইট্রোজেনের কত ওজন 380 ml আয়তন দখল করিবে? [Patna, 1963] [উঃ। 0·3413 gm]

37. 27°C এবং 77 cm চাপে 243 ml একটি গ্যাসের ওজন 0·28 gm. গ্যাসটির আণবিক ওজন কত? [I. I. T. 1963] [উঃ। 27·99]

38. 740·3 mm চাপে 25°C উষ্ণতায় 0·11 gm একটি গ্যাসের আয়তন 24·16 ml. গ্যাসটির আণবিক ওজন বাহির কর।

[All India H. S. 1967] [উঃ। 114]

39. 0·656 gm পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিলে 0·286 gm পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায় এবং তৎসহ 20°C এবং 760 mm চাপে 278 ml অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। অক্সিজেনের আণবিক ওজন কত?

[Cambridge Nov., 1962] [[উঃ। 32]

40. 0°C উষ্ণতা এবং 760 mm চাপে 1·7 gm একটি গ্যাসের আয়তন 2·24 লিটার। গ্যাসটির আণবিক ওজন এবং বাষ্প-ঘনত্ব বাহির কর।

[Senior Cambridge 1964, July] [উঃ। 17, 8·5]

41. 12°C উষ্ণতা এবং 770 mm চাপে 4·86 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন 9·27 gm গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Senior Cambridge, 1964, Dec.] [উঃ। 44]

42. 26°C উষ্ণতা এবং 350 mm চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণরূপে জলে পরিণত করিতে 700 mm চাপ এবং 13°C উষ্ণতায় আছে এমন কত আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে? [উঃ। 239 c.c.]

43. N. T. P.-তে 10 লিটার হাইড্রোজেন সালফাইড অতিরিক্ত ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিলে কত ওজনের সালফার উৎপন্ন হইবে? [উঃ। 14·28]

44. 100 gm কার্বনকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিলে N. T. P.-তে কত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে? [উঃ। 186·66 litre]

45. ক্লোরিনের একটি অক্সাইডের 58 c.c. সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়া 87 c.c. ক্লোরিন এবং 29 c.c. অক্সিজেন উৎপন্ন করে। ক্লোরিনের অক্সাইডটির আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? [উঃ। Cl_2O]

46. হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়ার একটি মিশ্রণের 50 c.c.-র সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের ফলে 60 c.c. জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হইল। সমচাপ ও তাপমাত্রায় আয়তনগুলি মাপা হইয়া থাকিলে মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি কি ছিল? [উঃ। $NH_3=20$ c.c., $H_2=30$ c.c.]

47. N. T. P.-তে একটি গ্যাসের 250 c.c.-র ওজন 0·7317 gm। N. T. P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব লিটার প্রতি 0·0897 gm। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব এবং আণবিক ওজন কত? (J. E. 1978) [উঃ। 32·57, 65·14]

48. $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$-এর একটি মিশ্রণের 1 গ্রামকে উত্তপ্ত করায় উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন N. T. P.-তে আয়তন 240 c.c. মিশ্রণের ওজনগত শতকরা সংযুতি বাহির কর। (J. E. 1978)

[উঃ। $CaCO_3 - 62{\cdot}5\%$ $MgCO_3 - 375\%$]

49. একটি গ্যাসীয় মৌলের আণবিক ওজন 71। ইহাকে তরলীভূত করিলে তরলের ঘনত্ব হয় প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে 2·50 গ্রাম। N. T. P.-তে গ্যাসটির 200 লিটার লইয়া তরলীভূত করিলে কত আয়তন তরল পাওয়া যাইবে?

[উঃ। 253·6 লিঃ]

50. 5 গ্রাম বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত অতিরিক্ত হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন N. T. P.-তে কত হইবে? [উঃ। 1·12 লিঃ]

51. 10 গ্রাম কার্বন ডাই-সালফাইডকে (CS_2) অক্সিজেন সাহায্যে সম্পূর্ণ দহন করার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইল। ইহার জন্য কমপক্ষে N. T. P.-তে কত আয়তন অক্সিজেনের প্রয়োজন? উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড মিশ্রণের N. T. P.-তে আয়তন কত হইবে? [উঃ। O_2-এর আয়তন=8·84 লিঃ, মিশ্রণের আয়তন=8·84 লিঃ]

52. N. T. P.-তে 5·6 লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন হইবে? [উঃ। 24·4 gm]

53. 0·12 গ্রাম বিশুদ্ধ কার্বনকে 500 c.c. অক্সিজেনে সম্পূর্ণরূপে দহন করিলে উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর। আয়তনগুলি সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছিল।

[উঃ। মিশ্রণের আয়তন=500 c.c. ; CO_2=224 ; অবশিষ্ট O_2=276]

54. একটি ক্যালসিয়াম কার্বনেটের নমুনায় সিলিকা অশুদ্ধি হিসাবে আছে। ইহার এক গ্রাম লইয়া অতিরিক্ত হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটানোর ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন N. T. P.-তে 180 c.c. নমুনাটিতে শতকরা কত ভাগ অশুদ্ধি ছিল? [উঃ। 19·64%]

55. এক গ্রাম অ্যামোনিয়া এবং 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের মধ্যে অণুর সংখ্যায় তুলনা কর। কোন্ ক্ষেত্রে ইহা বেশি এবং কত বেশি?

56. এক অণু সালফার ডাই-অক্সাইডের ওজন কত?

[উঃ। $1{\cdot}06 \times 10^{-22}$ gm]

57. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের 27×10^{21} সংখ্যক অণুর আয়তন কত? [উঃ। 1 লিটার]

58. (a) 0·001 Kg H_2 এবং 0·001 Kg O_2। (b) 1 মোল O_2 এবং 1 মোল H_2। (c) 1 লিটার হাইড্রোজেন এবং 1 লিটার অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা সমান কিনা বল।

59. যদি বলা হয় প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এক মোল জলের আয়তন 22·4 লিটার তাহা হইলে বিবৃতিটি কি সত্য?

60. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় বায়ুতে CO_2-এর পরিমাণ 0·03%। এক লিটার বায়ুতে CO_2-এর অণুর সংখ্যা কত? [উঃ। 8×10^{18}]

61. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এক ঘন মিটার যে-কোন গ্যাসে মোলের সংখ্যা কত? [উঃ। 44·6 mole]

62. একটি পর্বতের শীর্ষে বাতাসের ঘনত্ব লিটার প্রতি 700 mg। শীর্ষদেশ বরফাবৃত। পর্বতশীর্ষে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কত? (বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব=14·4) [উঃ 411 mm]

63. হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি মিশ্রণের 0·02 লিটার লইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের পর দেখা গেল মিশ্রণের আয়তন 0·0032 লিটার, প্রাথমিক মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি বাহির কর। [উঃ। $O_2=44\%$, $H_2=56\%$]

64. SO_2 এবং O_2 অনুঘটন কক্ষে (Contact Chamber) পাঠাইবার পর 90% SO_2 অণু SO_3-এ পরিণত হইল। অনুঘটন কক্ষ হইতে নির্গত গ্যাস্ মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর। [উঃ। $SO_3=58\%$; $SO_2=6·5\%$; $O_2=35·5\%$]

65. 3 আয়তন ক্লোরিন এবং 1 আয়তন হাইড্রোজেনের মিশ্রণ একটি বদ্ধপাত্রে লইয়া সমউষ্ণতায় বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে রাখা হইল। কিছু সময় পরে মিশ্রণটিতে ক্লোরিনের পরিমাণ 20% কমিয়া গেল। পাত্রটির ভিতরের চাপ কি কমিল? বিক্রিয়া শেষে মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি কি হইবে? [উঃ। চাপের কোন পরিবর্তন হইবে না। $Cl_2=60\%$; $HCl=30\%$; $H_2=10\%$]

66. একটি পরীক্ষাধীন গ্যাসের 1 আয়তনের সহিত 1 আয়তন হাইড্রোজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। ইহার ফলে 1 আয়তন জলীয় বাষ্প এবং 1 আয়তন নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইল। সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়া থাকিলে পরীক্ষাধীন গ্যাসটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ। N_2O]

67. অক্সিজেন সাপেক্ষে ইথিলিনের বাষ্প ঘনত্ব 0·875। ইথিলিনের আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ। 28]

68. বায়ুর সাপেক্ষে মারকারি বাষ্পের বাষ্প ঘনত্ব 6·92। মারকারি বাষ্পের একটি অণুতে পরমাণুর সংখ্যা বাহির কর। [উঃ। 1]

69. একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সালফার বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব নাইট্রোজেন সাপেক্ষে 9·14। এই উষ্ণতায় একটি সালফার অণুতে কতগুলি পরমাণু বর্তমান? [উঃ। 8]

70. 17°C এবং 624 mm. চাপে 1 ঘন মিটার বায়ুর ভর নির্ণয় কর। (বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব 14·4) [উঃ। 1 kg]

———

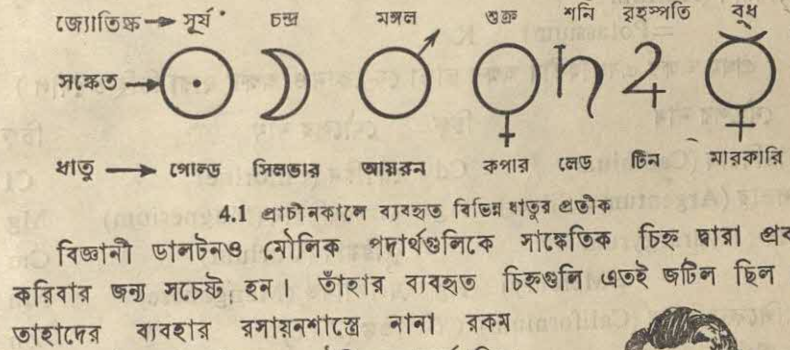
৪

চিহ্ন, সংকেত, যোজ্যতা ও সমীকরণ

SYMBOL, FORMULA, VALENCY & EQUATION

[**Syllabus** Chemical Equations – different types and their significance. Stiochiometry — weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations. Eudiometry and problems on Eudiometry. Vapour density. empirical formulae and molecular formulae.]

বর্তমানে যতগুলি মৌলিক পদার্থ সম্বন্ধে আমরা জানি তাহাদের সংখ্যা শতাধিক। সুতরাং এতগুলি মৌলিক পদার্থ হইতে প্রাপ্ত যৌগের সংখ্যা কল্পনার বাহিরে। এতগুলি মৌল এবং যৌগকে তাহাদের সম্পূর্ণ নামে প্রকাশ করিতে হইলে নানারূপ জটিলতার সৃষ্টি হয়। তাই বিজ্ঞানিগণ মৌলগুলিকে সংক্ষিপ্ত ভাবে প্রকাশ করিবার রীতি প্রণয়ন করিয়াছেন। এই ধরনের প্রচেষ্টা প্রাচীনকাল হইতেই করা হইয়াছিল। প্রাচীন হিন্দু এবং গ্রীক জ্যোতির্বিজ্ঞানিগণ ধাতুর সহিত বিভিন্ন জ্যোতিষ্কের সাদৃশ্য কল্পনা করিয়া বিভিন্ন জ্যোতিষ্কের সাঙ্কেতিক চিহ্নকে বিভিন্ন ধাতুর সাঙ্কেতিক চিহ্ন হিসাবে ব্যবহার করিয়াছিলেন (চিত্র 4.1)।



4.1 প্রাচীনকালে ব্যবহৃত বিভিন্ন ধাতুর প্রতীক

বিজ্ঞানী ডালটনও মৌলিক পদার্থগুলিকে সাঙ্কেতিক চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করিবার জন্য সচেষ্ট হন। তাঁহার ব্যবহৃত চিহ্নগুলি এতই জটিল ছিল যে, তাহাদের ব্যবহার রসায়নশাস্ত্রে নানা রকম সমস্যার সৃষ্টি করিয়াছিল। মৌলিক পদার্থগুলির আধুনিক রাসায়নিক চিহ্ন প্রবর্তনের সকল কৃতিত্বই বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াসের (1811 খ্রীঃ)।



চিত্র **4.2** বার্জেলিয়াস

চিহ্ন বা প্রতীক (Symbol) : যাহার দ্বারা কোনও মৌলিক পদার্থের নাম সংক্ষিপ্ত ভাবে প্রকাশ করা হয় তাহাকে চিহ্ন বা প্রতীক বলে। সাধারণত মৌলিক পদার্থের ইংরেজী বা ল্যাটিন নামের প্রথম অক্ষর মৌলটির চিহ্ন বা প্রতীক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। একাধিক মৌলিক পদার্থের ইংরেজী বা ল্যাটিন নামের প্রথম অক্ষর যদি একই

হয় তবে উহাদের একটি নামের প্রথম অক্ষর দ্বারা এবং অপরগুলিকে তাহাদের নামের প্রথম অক্ষরের সহিত দ্বিতীয় অক্ষর অথবা অন্য একটি অক্ষর যোগ করিয়া চিহ্নিত করা হয়। নিম্নলিখিত উদাহরণে বিষয়টি পরিষ্কার হইবে।

(প্রথম অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত মৌল)		(প্রথম দুইটি অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত মৌল)	
মৌলের নাম	চিহ্ন	মৌলের নাম	চিহ্ন
হাইড্রোজেন (Hydrogen)	H	বেরিয়াম (Barium)	Ba
অক্সিজেন (Oxygen)	O	বিসমাথ (Bismuth)	Bi
নাইট্রোজেন (Nitrogen)	N	ব্রোমিন (Bromine)	Br
কার্বন (Carbon)	C	ক্যালসিয়াম (Calcium)	Ca
বোরন (Boron)	B	লোহা (Ferum=Iron)	Fe
সালফার (Sulphur)	S	সোনা (Aurum=Gold)	Au
ফসফরাস (Phosphorus)	P	কপার (Copper=Cuprum)	Cu
আয়োডিন (Iodine)	I		
ফ্লোরিন (Flourine)	F		
সোডিয়াম (Sodium=Natrium)	Na		
পটাসিয়াম (Kalium =Potassium)	K		

(প্রথম অক্ষর এবং দ্বিতীয় অক্ষর ছাড়া যে-কোনও অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত মৌল)

মৌলের নাম	চিহ্ন	মৌলের নাম	চিহ্ন
ক্যাডমিয়াম (Cadmium)	Cd	ক্লোরিন (Chlorine)	Cl
সিলভার (Argentum=Silver)	Ag	ম্যাগনেসিয়াম (Magnesium)	Mg
পারদ (Hydrargyrum =Mercury)	Hg	কুরিয়াম (Curium)	Cm
		ম্যাঙ্গানিজ (Manganese)	Mn
ক্যালিফোরনিয়াম (Californium)	Cf	জিঙ্ক (Zinc)	Zn
টিন (Stannum)	Sn	সিসা (Plumbum)	Pb

কতকগুলি সাধারণ মৌলের নাম প্রতীক বা চিহ্ন এবং পারমাণবিক গুরুত্ব নিম্নে লিপিবদ্ধ করা হইল :

ইংরেজী নাম	ল্যাটিন নাম	প্রতীক চিহ্ন	পারমাণবিক গুরুত্ব
Hydrogen		H	1·008
Helium		He	4·008
Boron		B	10·82
Carbon		C	12·01
Nitrogen		N	14·008
Oxygen		O	16·00

ইংরেজী নাম	ল্যাটিন নাম	প্রতীক চিহ্ন	পারমাণবিক গুরুত্ব
Flourine		F	19·00
Neon		Ne	20·188
Sodium	Natrium	Na	23
Magnesium		Mg	24·32
Aluminium		Al	26·98
Phosphorus		P	30·97
Sulphur		S	32·07
Chlorine		Cl	35·46
Argon		Ar	39·94
Potassium	Kalium	K	39·10
Calcium		Ca	40·08
Manganese		Mn	54·93
Iron	Ferum	Fe	55·85
Copper	Cuprum	Cu	63·54
Zinc		Zn	65·38
Bromine		Br	79·916
Silver	Argentun	Ag	107·88
Tin	Stannum	Sn	118·7
Barium		Ba	137·36
Gold	Aurum	Au	197·2
Mercury	Hydrargyrum	Hg	200·6
Lead	Plumbum	Pb	207
Radium		Ra	226·05
Uranium		U	238

প্রতীক বা চিহ্নের তাৎপর্য ঃ বর্তমানে 'চিহ্ন' কেবলমাত্র কোনও মৌলের নামকেই সূচিত করে না, চিহ্নকে আরও ব্যাপকতর অর্থে ব্যবহার করা হয়। চিহ্ন দ্বারা (1) কোনও মৌলের নাম ব্যতীত অনেকক্ষেত্রে (2) উহার একটি পরমাণুকে অথবা (3) পারমাণবিক গুরুত্বকে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং চিহ্নের একটি পরিমাপগত দিকও রহিয়াছে।

যেমন 'C' চিহ্নের দ্বারা সূচিত হয় কার্বনের একটি পরমাণু এবং 12 ভাগ ওজনের কার্বন, '2C' দ্বারা কার্বনের দুইটি পরমাণু এবং 24 ভাগ ওজনের কার্বন। 'O' চিহ্নের অর্থ অক্সিজেনের একটি পরমাণু এবং ওজন হিসাবে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন ; '2O' বলিতে অক্সিজেনের দুইটি পরমাণু এবং ওজন হিসাবে 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন। এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা দরকার '2O' বলিতে অক্সিজেনের

দুইটি পরমাণু বুঝায় কিন্তু O_2 বলিতে বুঝায় অক্সিজেনের একটি অণু। অনুরূপ-ভাবে '2H' হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণুকে সূচিত করে এবং H_2 হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু লইয়া গঠিত একটি অণুকে বুঝায়।

সঙ্কেত : মৌলিক পদার্থ বা যৌগিক পদার্থের অণুকে যাহার সাহায্যে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় তাহাকে অণুটির সঙ্কেত বা আণবিক সঙ্কেত বলে।

আমরা পূর্ববর্তী অধ্যায়ে জানিতে পারিয়াছি যে, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি মৌল গ্যাসের অণু দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগিক পদার্থের অণুগুলিও একাধিক বিভিন্ন পরমাণুর দ্বারা গঠিত। তাই কোনও মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুগুলির সঙ্কেত বুঝাইবার জন্য সংশ্লিষ্ট বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর প্রতীক বা চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। জলের একটি অণুর সঙ্কেত H_2O। অর্থাৎ জলের একটি অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান। সুতরাং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের প্রতীক বা চিহ্ন ব্যবহার করিয়া জলের অণুর সঙ্কেত বুঝান হইয়াছে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি অণুর সঙ্কেত HCl। অর্থাৎ এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে এক পরমাণু হাইড্রোজেন এবং এক পরমাণু ক্লোরিন বর্তমান এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত বুঝাইতে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের চিহ্ন ব্যবহার করা হইয়াছে। কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর সঙ্কেত CO_2। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর সঙ্কেত বুঝাইতে কার্বন এবং অক্সিজেনের পরমাণুর প্রতীক ব্যবহৃত হইয়াছে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে এক পরমাণু কার্বন এবং দুইটি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান। হাইড্রোজেনের একটি অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান এবং তাহার সঙ্কেত H_2। অক্সিজেনের একটি অণুতে দুইটি পরমাণু বর্তমান এবং তাহার সঙ্কেত O_2। সুতরাং আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, মৌলিক পদার্থ বা যৌগিক পদার্থের আণবিক সঙ্কেতে মৌলিক পদার্থগুলির পরমাণুর সংখ্যা মৌলটির ডানদিকে একটু নীচে লিখিয়া প্রকাশ করা হয়। পরমাণুর সংখ্যা একটি হইলে তাহা সংখ্যা দিয়া প্রকাশ করা হয় না। যেমন জলের (H_2O) অণুতে হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যা 2 এবং অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা 1। সুতরাং হাইড্রোজেনের প্রতীকের ডানদিকের নীচে '2' লেখা হইয়াছে কিন্তু অক্সিজেনের ডানদিকের নীচে '1' লেখা হয় নাই।

আণবিক সঙ্কেতের সংজ্ঞা : মৌলগুলির প্রতীক বা চিহ্নের ডানদিকের নীচে, মৌলিক পদার্থ বা যৌগিক পদার্থের একটি অণুতে বর্তমান পরমাণুর সংখ্যা লিখিয়া যাহার সাহায্যে মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের একটি অণুকে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় তাহাকে মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক সঙ্কেত বলে।

কোন পদার্থের (যৌগিক বা মৌলিক) 2, 3 অথবা *n* অণু বুঝাইতে পদার্থের

আণবিক সঙ্কেতের পূর্বে সংখ্যাটি ব্যবহার করা হয়। যেমন, $2H_2O$, $3H_2O$, nH_2O ইত্যাদির অর্থ হইল যথাক্রমে 2 অণু জল, 3 অণু জল n অণু জল।

সঙ্কেত বা আণবিক সঙ্কেতের তাৎপর্য ঃ

1. সঙ্কেত মৌল বা যৌগের নাম সূচিত করে।

2. সঙ্কেত পদার্থের একটি অণু বুঝায় এবং অণুটি কোন্ অথবা কোন্ কোন্ মৌলের পরমাণু দিয়া গঠিত এবং তাহার বা তাহাদের সংখ্যা কত সে কথাও প্রকাশ করে।

3. ইহা হইতে মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্ব জানা যায়।

4. যৌগের এক গ্রাম অণুতে উপস্থিত বিভিন্ন মৌলের ওজনগত অনুপাতও জানা যায় সঙ্কেত হইতে।

4. এতদ্ব্যতীত গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করিয়া থাকিবে যে-পরিমাণ পদার্থ, তাহার ওজনও (যাহার মান গ্রামে প্রকাশিত আণবিক গুরুত্বের সমান) আণবিক সঙ্কেত হইতে নির্ণয় করা যায়।

O_2 অক্সিজেনের একটি অণু সূচিত করে এবং বুঝা যায় ইহা দুইটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16, সুতরাং ইহার আণবিক গুরুত্ব 32।

NaCl সঙ্কেত দ্বারা সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি অণু সূচিত হয়। বুঝা যায় একটি অণুতে এক পরমাণু সোডিয়াম এক পরমাণু ক্লোরিন বর্তমান। সঙ্কেত হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্বও নির্ণয় করা যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব=সোডিয়াম পরমাণুর সংখ্যা×সোডিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব+ ক্লোরিন পরমাণুর সংখ্যা×ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব

$$=1\times23+1\times35{\cdot}5=58{\cdot}5$$

এতদ্ব্যতীত বুঝা যায় যে, 58·5 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যে 23 গ্রাম সোডিয়াম এবং 35·5 গ্রাম ক্লোরিন বর্তমান।

অনুরূপভাবে NH_3 সঙ্কেত হইতে আমরা বুঝিতে পারি যে, (i) যৌগটির নাম অ্যামোনিয়া, (ii) উহার একটি অণুর মধ্যে একটি নাইট্রোজেন পরমাণু ও তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, (iii) উহার আণবিক গুরুত্ব $14\times1+3=17$, (iv) 14 গ্রাম নাইট্রোজেন 3 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিয়াছে এবং (v) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করিয়া থাকে।

আণবিক সঙ্কেতে মৌলগুলির প্রতীকের ক্রম ঃ

(i) যে-সকল যৌগিক পদার্থ একটি ধাতু এবং একটি অধাতু দিয়া গঠিত সেই সকল যৌগিক পদার্থের সঙ্কেতে ধাতুর প্রতীক প্রথমে এবং অধাতুর প্রতীক পরে

লিখিতে হয়। হাইড্রোজেন অধাতু হইলেও ধাতুর ন্যায় ব্যবহার করে বলিয়া ধাতুর পরিবর্তে হাইড্রোজেন থাকিলে হাইড্রোজেনের প্রতীক আগে লিখিতে হয়। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সঙ্কেত MgO, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত HCl।

(ii) যখন দুইটি পদার্থই অধাতু তখন আপেক্ষিকভাবে পরাতড়িৎধর্মী মৌলের প্রতীক প্রথমে লিখিতে হয়। নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্কেত NO, কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্কেত CO_2। প্রথম ক্ষেত্রে নাইট্রোজেন এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কার্বন অপেক্ষাকৃত পরাতড়িৎধর্মী বলিয়া উহাদের প্রতীক প্রথমে লিখিত হইয়াছে।

যোজ্যতা ঃ আমরা জানি, বিভিন্ন মৌল রাসায়নিকভাবে পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। দ্বিমৌলিক যৌগের ক্ষেত্রে একটি মৌলের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণু অপর মৌলের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগের একটি অণু গঠন করে। সুতরাং মৌল দুইটির পরস্পরের সহিত যুক্ত হইবার আসক্তি বা ক্ষমতা বিদ্যমান। কোনও মৌলের অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতাই সেই মৌলের **যোজ্যতা**। সকল মৌলের যোজ্যতা সমান নহে। অক্সিজেনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা এবং নাইট্রোজেনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা এক নহে। অনুরূপভাবে বিভিন্ন মৌলের অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইবার আসক্তি বা ক্ষমতা বিভিন্ন। নীচের যৌগগুলির আণবিক সঙ্কেত লইয়া আলোচনা করিলে ইহা আরও স্পষ্ট হইবে।

(i) HBr
(ii) H_2S
(iii) NH_3
(iv) CH_4

সঙ্কেতগুলি হইতে জানা যাইতেছে যে, একটি ব্রোমিন পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে, একটি সালফার পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে, একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে এবং একটি কার্বন পরমাণু চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। আবার দেখা গিয়াছে যে, হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড (HN_3) ছাড়া কোনও সময়েই হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অন্য মৌলের একাধিক পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় না। অর্থাৎ হাইড্রোজেনের অন্য মৌলের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা সর্বাপেক্ষা কম। তাই হাইড্রোজেনকে প্রমাণ (standard) ধরিয়া বিভিন্ন মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা হয়। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা ধরা হয় 1 (unity)। সুতরাং অণুগঠনে কোন মৌলের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের যত সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারিবে সেই সংখ্যাই মৌলটির যোজ্যতা হইবে।

যোজ্যতার সংজ্ঞা ঃ কোন মৌলের যোজ্যতা হইল অন্য মৌলের সহিত উহার রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইবার ক্ষমতা এবং একটি অণুতে

মৌলের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে সেই সংখ্যার দ্বারা উহাকে পরিমাপ করা হয়।

HCl-এ ক্লোরিনের যোজ্যতা 1, H_2O-এ অক্সিজেনের যোজ্যতা 2, NH_3-এ নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 3, CH_4-এ কার্বনের যোজ্যতা 4।

কোন মৌল যদি সরাসরি হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত না হয় কিন্তু হাইড্রোজেন যুক্ত কোন যৌগ হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে তাহা হইলে মৌলটির একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিতে পারিবে সেই সংখ্যাটি মৌলটির যোজ্যতা হইবে। উদাহরণস্বরূপ একটি জিঙ্ক পরমাণু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

সুতরাং জিঙ্কের যোজ্যতা 2।

অতএব বলা যায়, **কোন মৌলের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় অথবা হাইড্রোজেন যুক্ত যৌগ হইতে যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত বা দূরীভূত করিতে পারে সেই সংখ্যা মৌলটির যোজ্যতা নির্দেশ করে।**

হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না এমন মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে আমরা পরোক্ষভাবে হাইড্রোজেনের সাহায্য লই। যেমন আমরা কপারের একটি যৌগ জানি যাহার সঙ্কেত CuO, এই যৌগে কপারের যোজ্যতা জানিতে হইলে আমাদের অক্সিজেনের যোজ্যতা জানিতে হইবে। আমরা জানি H_2O-এ অক্সিজেনের যোজ্যতা 2, সুতরাং এই যৌগে একটি কপার পরমাণুর যোজ্যতা দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর যোজ্যতার সমান। সুতরাং এই যৌগে কপারের যোজ্যতা 2। কপারের আরেকটি যৌগ আছে যাহার সঙ্কেত Cu_2O। আমরা জানি অক্সিজেনের যোজ্যতা 2। সুতরাং এই যৌগে দুইটি কপার পরমাণুর যোজ্যতা দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর যোজ্যতার সমান। অর্থাৎ এই যৌগে কপারের যোজ্যতা 1।

অনুরূপভাবে NaCl-এ সোডিয়ামের যোজ্যতা 1 কারণ HCl-এ ক্লোরিনের যোজ্যতা 1। $CaCl_2$-এ ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা 2 কারণ দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর যোজ্যতা 2। অতএব যে-সকল মৌল হাইড্রোজেনের সঙ্গে রাসায়নিক-ভাবে যুক্ত হয় না তাহাদের যোজ্যতা উপরে উল্লিখিত উপায়ে নির্ণয় করা হয়। এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা ভাল NaH, CaH_2 প্রভৃতি যৌগ বর্তমানে আবিষ্কৃত হইয়াছে। একই ভাবে বলা যায় $FeCl_3$ এবং $FeCl_2$ যৌগে লোহার (Iron) যোজ্যতা যথাক্রমে 3 এবং 2।

যোজ্যতা যেহেতু হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার দ্বারা নির্ধারিত হয় সেইহেতু যোজ্যতা সর্বদা পূর্ণ সংখ্যা হইবে। অনেক সময়ে সঙ্কেত হইতে যোজ্যতা নির্ণয় করা সম্ভব নহে। কার্বন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগ গঠন করে, যেমন অ্যাসিটিলিন, C_2H_2 ইথিলিন C_2H_4, ইথেন C_2H_6 ইত্যাদি। সঙ্কেত হইতে

মনে হইবে কার্বনের যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3। কিন্তু ইহা ঠিক নহে। এই সবকয়টি যৌগেই কার্বনের যোজ্যতা 4। সুতরাং এখানে যোজ্যতার যে-সংজ্ঞা দেওয়া হইয়াছে তাহা অসম্পূর্ণ। যৌগের গঠনগত সঙ্কেত (Structural formula) সম্বন্ধে সম্যক ধারণা হইলে যোজ্যতা সম্বন্ধে জ্ঞান পরিপূর্ণ হইবে।

যোজ্যতার ভিত্তিতে মৌলের শ্রেণীবিভাগ:

যে-সকল মৌলের যোজ্যতা 1 তাহাদের একযোজী মৌল বলে। যে-সকল মৌলের যোজ্যতা 2 তাহাদিগকে দ্বিযোজী মৌল বলে। এইরূপভাবে মৌলগুলি ত্রিযোজী, চতুর্যোজী ইত্যাদিতে ভাগ করা হয়। হিলিয়াম (He), আরগন (Ar), নিয়ন (Ne) ইত্যাদি কতকগুলি গ্যাস আছে যাহারা সাধারণভাবে কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। ইহাদিগকে শূন্যযোজী মৌল বলে।

যোজ্যতা অনুযায়ী মৌলের শ্রেণীবিভাগ

মৌলের নাম এবং চিহ্ন	যোজ্যতা
হিলিয়াম (He), আরগন (Ar), নিয়ন (Ne) ইত্যাদি।	0
H, F, Cl, Br, I, Na, K, Ag, Cu (ous), Hg (ous) ইত্যাদি।	1
O, S, Ca, Mg., Ba, Zn, Cu (ic), Hg (ic), Fe (ous), Sn (ous), Pb (ous) ইত্যাদি।	2
N, P, B, Al, Au, Fe (ic), As (Arsenic), Cr (chromium) ইত্যাদি।	3
C, Si, S, Sn (ic), Pb (ic), Pt (Platinum), Mn ইত্যাদি।	4
N, As, P ইত্যাদি।	5
S, Cr (Chromium), Mn (Manganese), ইত্যাদি।	6
Cl, Mn ইত্যাদি।	7
Os (Osmium)	8

পরিবর্তনশীল যোজ্যতা বা একাধিক যোজ্যতা বিশিষ্ট মৌল: অনেকগুলি ধাতব এবং অধাতব মৌল আছে যাহাদের মধ্যে একাধিক যোজ্যতা পরিলক্ষিত হয়। যেমন নাইট্রোজেন, ফসফরাস, সালফার, কপার, আয়রন, টিন, মারকারি প্রভৃতি। অ্যামোনিয়াতে (NH_3) নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 3, নাইট্রিক অক্সাইডে নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 2, আবার নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইডে নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 5। ফেরাস ক্লোরাইডে আয়রনের যোজ্যতা 2, আবার ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রনের যোজ্যতা 3। ধাতুর ক্ষেত্রে কম যোজ্যতার যৌগকে বলা হয়—আস (ous) যৌগ এবং বেশি যোজ্যতার যৌগকে বলা হয় ইক (ic) যৌগ।

নিম্নে একাধিক যোজ্যতাসম্পন্ন কয়েকটি মৌলের যৌগসহ তালিকা দেওয়া হইল ঃ

মৌলের নাম		যোজ্যতা	বিভিন্ন যৌগের সঙ্কেত
নাইট্রোজেন	N	1, 2, 3, 5	N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5
ফসফরাস	P	3, 5	P_2O_3, PCl_3 এবং P_2O_5, PCl_5
সালফার	S	2, 4, 6	H_2S, SO_2, SO_3
ক্লোরিন	Cl	1, 3, 4, 5, 7	Hcl, $HclO_2$, ClO_2, $HclO_3$, Cl_2O_7
কপার	Cu	1, 2	Cu_2O, CuCl এবং CuO, $CuCl_2$
আয়রন	Fe	2, 3	FeO, $FeCl_2$ এবং Fe_2O_3, $FeCl_3$
টিন	Sn	2, 4	SnO, $SnCl_2$ এবং SnO_2, $SnCl_4$
লেড	Pb	2, 4	PbO, $PbCl_2$ এবং PbO_2, $PbCl_4$

যৌগমূলক (Compound redical) ঃ অনেক সময় একাধিক মৌলিক পরমাণু একত্রে জোট বাঁধিয়া একটি পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে। এই ধরনের পরমাণুর জোটকে যৌগমূলক বলে। এই সকল যৌগমূলকের স্বাধীন সত্তা না থাকিলেও যৌগের মধ্যে ইহাদের অস্তিত্ব বর্তমান থাকে। বিভিন্ন যৌগে পরমাণুগুলির যেমন যোজ্যতা বর্তমান থাকে যৌগমূলকগুলিরও সেই রকম যোজ্যতা দেখা যায়। সালফেট (SO_4), নাইট্রেট NO_3), ফসফেট (PO_4) প্রভৃতি যৌগমূলকের উদাহরণ। সালফেট যৌগ মূলকের স্বাধীন সত্তা না থাকিলেও সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) ইহার অস্তিত্ব বর্তমান। অনুরূপভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডে (HNO_3) নাইট্রেট যৌগমূলক বর্তমান এবং ফসফরিক অ্যাসিডে (H_3PO_4) ফসফেট যৌগমূলক বর্তমান। সালফেট (SO_4), নাইট্রেট (NO_3) এবং ফসফেট (PO_4), যৌগমূলকের যোজ্যতা যথাক্রমে 2, 1 এবং 3। কারণ একটি সালফেট যৌগমূলক দুই পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) একটি অণু গঠন করে। একটি নাইট্রেট যৌগমূলক একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) গঠন করে। আবার একটি ফসফেট যৌগমূলক তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) গঠন করে।

নিম্নে কয়েকটি যৌগমূলকের সঙ্কেত, যোজ্যতা এবং তাহাদের যৌগের তালিকা দেওয়া হইল :

যৌগমূলকের নাম	সঙ্কেত	যোজ্যতা	যৌগ
হাইড্রক্সিল	OH	1	NaOH
নাইট্রেট	NO_3	1	$NaNO_3$
অ্যামোনিয়াম	NH_4	1	NH_4Cl
বাইকার্বনেট	HCO_3	1	$NaHCO_3$
বাইসালফেট	HSO_4	1	$NaHSO_4$
সালফেট	SO_4	2	K_2SO_4

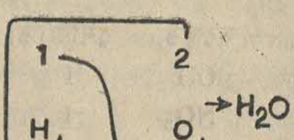
যৌগমূলকের নাম	সঙ্কেত	যোজ্যতা	যৌগ
কার্বনেট	CO_3	2	Na_2CO_3
ফসফেট	PO_4	3	Na_3PO_4
সিলিকেট্	SiO_3	2	Na_2SiO_3
বোরেট	BO_3	3	H_3BO_3
আয়োডেট্	IO_3	1	HIO_3
পারক্সাইড	O_2	2	H_2O_2

যৌগের সঙ্কেত লিখন প্রণালী (Writing of formula) : মৌলিক পদার্থের এবং যৌগমূলকের যোজ্যতা জানা থাকিলে কতকগুলি সাধারণ যৌগের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা সম্ভব। আমরা জানি মৌলিক পদার্থ এবং যৌগ-মূলক পরস্পর বিভিন্নভাবে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। ধরা যাক, A একটি মৌল (বা যৌগমূলক) এবং উহার যোজ্যতা x এবং B অপর একটি মৌল (বা যৌগ-মূলক) এবং উহার যোজ্যতা y। ইহারা পরস্পর রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিলে যৌগটিতে A মৌলের মোট যোজ্যতা B মৌলের মোট যোজ্যতার সমান হইতে হইবে। ইহা সম্ভব যদি B-এর যোজ্যতাসূচক সংখ্যা A-এর ডানদিকের নীচে এবং A-এর যোজ্যতাসূচক সংখ্যা B-এর ডানদিকের নীচে



চিত্র 4.3

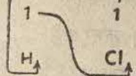
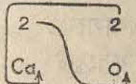
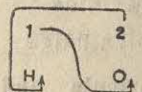
বসান হয়। অর্থাৎ যৌগটির সঙ্কেত হইবে A_yB_x (চিত্র 4.3)। এই যৌগের ক্ষেত্রে A মৌলের y সংখ্যক পরমাণুর মোট যোজ্যতা $yx(=xy)$ এবং B মৌলের x সংখ্যক পরমাণুর মোট যোজ্যতা xy। সুতরাং আণবিক সঙ্কেত লিখিবার সাধারণ নিয়ম হইল প্রথম মৌলের যোজ্যতাসূচক সংখ্যা দ্বিতীয় মৌলের প্রতীকের ডানদিকের নীচে এবং দ্বিতীয় মৌলের যোজ্যতাসূচক সংখ্যা প্রথম মৌলের প্রতীকের ডানদিকের নীচে লেখা। হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন



চিত্র 4.4

করে। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 এবং অক্সিজেনের যোজ্যতা 2। সুতরাং জলের আণবিক সঙ্কেত H_2O (চিত্র 4.4)।

নিম্নলিখিত উদাহরণের সাহায্যে সঙ্কেত লিখন প্রণালী পরিষ্কার ভাবে বুঝান হইল। যোজ্যতা 1 হইলে সঙ্কেত লিখিবার সময় উহা উহ্য রাখিতে হইবে। মৌলের যোজ্যতাগুলি প্রতীকের ডানদিকের উপর সংখ্যার দ্বারা লিখিত হইয়াছে।

যোজ্যতাসহ মৌল এবং যৌগমূলক	গঠিত অণুর সঙ্কেত	যৌগের নাম
	$H_1Cl_1=HCl$	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
	$Ca_2O_2=CaO$	ক্যালসিয়াম অক্সাইড
	$H_2O_1=H_2O$	জল
Na^1+O^2	Na_2O	সোডিয়াম অক্সাইড
Al^3+O^2	Al_2O_3	অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড
P^5+O_2	P_2O_5	ফসফরাস পেন্টোক্সাইড
P^3+Cl^1	PCl_3	ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড
S^4+O^2	SO_2 (S_2O_4)	সালফার ডাই-অক্সাইড
N^3+H^1	NH_3	অ্যামোনিয়া
Mg^2+Cl^1	$MgCl_2$	ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড
Zn^2+Br^1	$ZnBr_2$	জিঙ্ক ব্রোমাইড
Cu^2+O^2	CuO (Cu_2O_2)	কিউপ্রিক অক্সাইড
Sn^2+Cl^1	$SnCl_2$	স্ট্যানাস ক্লোরাইড
Sn^4+Cl^1	$SnCl_4$	স্ট্যানিক ক্লোরাইড
Cu^1+O^2	Cu_1O	কিউপ্রাস অক্সাইড
$2Hg^1+2Cl^1$	Hg_2Cl_2	মারকিউরাস ক্লোরাইড
Hg^2+Cl^1	$HgCl_2$	মারকিউরিক ক্লোরাইড
Na^1+OH^1	$NaOH$	সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড
$H+SO_4{}^2$	H_2SO_4	সালফিউরিক অ্যাসিড
$Na^1+HCO_3{}^1$	$NaHCO_3$	সোডিয়াম বাইকার্বনেট
$Mg^2+HCO_3{}^1$	$Mg(HCO_3)_2$	ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট
$Ca^2+CO_3{}^2$	$CaCO_3$	ক্যালসিয়াম কার্বনেট
$Ba^2+SO_4{}^2$	$BaSO_4$	বেরিয়াম সালফেট
$Na^1+NO_3{}^1$	$NaNO_3$	সোডিয়াম নাইট্রেট
$Na^1+NO_2{}^1$	$NaNO_2$	সোডিয়াম নাইট্রাইট

যোজ্যতাসহ মৌল এবং যৌগমূলক	গঠিত অণুর সঙ্কেত	যৌগের নাম
$Mg^2 + NO_3{}^1$	$Mg(NO_3)_2$	ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট
$K^1 + CrO_4{}^2$	K_2CrO_4	পটাসিয়াম ক্রোমেট
$Pb^2 + CrO_4{}^2$	$PbCrO_4$	লেড ক্রোমেট
$Ca^2 + PO_4{}^3$	$Ca_3(PO_4)_2$	ক্যালসিয়াম ফসফেট
$Al^3 + PO_4{}^3$	$AlPO_4$ $[Al_3(PO_4)_3]$	অ্যালুমিনিয়াম ফসফেট
$NH_4{}^1 + Cl^1$	NH_4Cl	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড
$NH_4{}^1 + SO_4{}^2$	$(NH_4)_2SO_4$	অ্যামোনিয়াম সালফেট
$NH_4{}^1 + PO_4{}^3$	$(NH_4)_3PO_4$	অ্যামোনিয়াম ফসফেট
$K^1 + [Fe(CN)_6]^4$	$K_4Fe(CN)_6$	পটাসিয়াম ফেরোসায়নাইড
$K^1 + [Fe(CN)_6]^3$	$K_3Fe(CN)_6$	পটাসিয়াম ফেরিসায়নাইড

স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেত (Emperical formula and molecular formula) : কোন যৌগের একটি অণুতে উহার উপাদান মৌলের পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে প্রকাশ করিয়া যে-সঙ্কেত লেখা হয় তাহাকে স্থূল সঙ্কেত বলা হয়। যে-সঙ্কেত কোন যৌগের একটি অণুতে উহার উপাদান মৌলের সঠিক পরমাণুর সংখ্যা প্রকাশ করে তাহাকে যৌগটির আণবিক সঙ্কেত বলা হয়। ইথিলিনের আণবিক সংকেত C_2H_4, সুতরাং উহার স্থূল সঙ্কেত CH_2। ইথেনের আণবিক সঙ্কেত C_2H_6, সুতরাং উহার স্থূল সঙ্কেত CH_3। গ্লুকোজের আণবিক সঙ্কেত $C_6H_{12}O_6$, উহার স্থূল সঙ্কেত হইবে CH_2O। মারকিউরাস ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত Hg_2Cl_2, উহার স্থূল সঙ্কেত $HgCl$। স্পষ্টতই, আণবিক সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশিত উপাদান মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যা, স্থূল সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশিত উপাদান মৌলের পরমাণুর সংখ্যার সরল গুণিতক হইবে অর্থাৎ আণবিক সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশিত পরমাণুর সংখ্যা $= x \times$ স্থূল সংখ্যার দ্বারা প্রকাশিত মৌলের পরমাণুর সংখ্যা, যখন $x = 1, 2, 3$ ইত্যাদি। যৌগের শতকরা সংযুতি হইতে স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় করা হয়। অতঃপর উহার আণবিক ওজন নির্ণয় করিয়া আণবিক সঙ্কেত নির্ধারণ করা হয়।

পজিটিভ এবং নেগেটিভ যোজ্যতা : পরে জানা যাইবে যে, যৌগিক পদার্থ দুই রকমের হইতে পারে। প্রথম প্রকার যৌগিক পদার্থকে তড়িৎযোজী যৌগ বলে এবং দ্বিতীয় প্রকার যৌগগুলিকে সমযোজী যৌগ বলে। তড়িৎযোজী যৌগ (Electro valent compound) জলে দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম। প্রকৃতপক্ষে তড়িৎযোজী যৌগ পজিটিভ (ধনাত্মক) এবং নেগেটিভ (ঋণাত্মক) আধানযুক্ত (charge) পরমাণু বা যৌগমূলক দ্বারা গঠিত। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে, সোডিয়াম ক্লোরাইড অণুতে সোডিয়াম

ধনাত্মক আধানবাহী এবং ক্লোরিন ঋণাত্মক আধানবাহী। অর্থাৎ $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$। অনুরূপভাবে সোডিয়াম সালফেট অণুতে সোডিয়াম ধনাত্মক আধানযুক্ত এবং সালফেটমূলক ঋণাত্মক আধানযুক্ত ($Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{--}$)। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড অণুতে অ্যামোনিয়ামমূলক ধনাত্মক এবং ক্লোরাইডমূলক ঋণাত্মক আধানবাহী ($NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$)। এই সকল ক্ষেত্রে ধনাত্মক আধানযুক্ত পরমাণু বা মূলকের যোজ্যতাকে পজিটিভ যোজ্যতা এবং ঋণাত্মক আধানযুক্ত পরমাণু বা মূলকের যোজ্যতাকে নেগেটিভ যোজ্যতা বলে। সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইডে (NaCl) সোডিয়ামের যোজ্যতা $+1$ এবং ক্লোরিনের যোজ্যতা -1, সোডিয়াম সালফেটে সোডিয়ামের যোজ্যতা $+1$ এবং সালফেট মূলকের যোজ্যতা -2, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে অ্যামোনিয়াম মূলকের যোজ্যতা $+1$ এবং ক্লোরিনের যোজ্যতা -1। যেহেতু যৌগ নিস্তড়িৎ তাই যৌগে পজিটিভ যোজ্যতা এবং নেগেটিভ যোজ্যতার যোগফল সর্বদাই শূন্য হইবে। Na_2SO_4-এর ক্ষেত্রে যোজ্যতার যোগফল শূন্য, কারণ দুইটি সোডিয়াম পরমাণুর যোজ্যতা $+2$ এবং একটি সালফেট মূলকের যোজ্যতা -2।

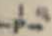
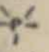
সমযোজী যৌগ জলে দ্রবীভূত অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ না করিলেও এই সকল যৌগের ক্ষেত্রে তুলনামূলকভাবে পরা-তড়িৎধর্মী (electro positive) মৌলের যোজ্যতাকে পজিটিভ যোজ্যতা এবং তুলনামূলকভাবে অপরা-তড়িৎধর্মী (electro negative) মৌলের যোজ্যতাকে নেগেটিভ যোজ্যতা বলা হয়। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড CCl_4 একটি সমযোজী যৌগ। ইহাতে কার্বনের পজিটিভ যোজ্যতা বর্তমান এবং ক্লোরিনের নেগেটিভ যোজ্যতা বর্তমান। কারণ কার্বন তুলনামূলকভাবে ক্লোরিন অপেক্ষা অধিক পরা-তড়িৎধর্মী মৌল। এই ক্ষেত্রে কার্বনের যোজ্যতা $+4$ এবং চারিটি ক্লোরিন পরমাণুর যোজ্যতা $(4 \times -1) = -4$। সুতরাং যোজ্যতার মোট যোগফল $= +4 - 4 = 0$। সাধারণভাবে মনে রাখিতে হইবে হাইড্রোজেন এবং সকল ধাতুর যোজ্যতা পজিটিভ এবং নিজেদের মধ্যে সংযুক্ত না থাকিলে সমস্ত অধাতুর যোজ্যতা নেগেটিভ। ইহাও স্মরণ রাখিতে হইবে যে, এই নিয়মের প্রচুর ব্যতিক্রম আছে। নিম্নে পজিটিভ যোজ্যতাযুক্ত এবং নেগেটিভ যোজ্যতাযুক্ত কয়েকটি মৌল এবং মূলকের উদাহরণ উহাদের যৌগসহ দেওয়া হইল।

পজিটিভ যোজ্যতাযুক্ত পরমাণু বা মূলক	নেগেটিভ যোজ্যতাযুক্ত পরমাণু বা মূলক	যৌগ
H^+	Cl^-	HCl
Ca^{++}	O^{--}	CaO
Na^+	H^-	NaH
Mg^{++}	OH^-	$Mg(OH)_2$
K^+	CO_3^{--}	K_2CO_3
Al^{+++}	O^{--}	Al_2O_3
NH_4^+	NO_3^-	NH_4NO_3

পজিটিভ যোজ্যতাযুক্ত পরমাণু বা মূলক	নেগেটিভ যোজ্যতাযুক্ত পরমাণু বা মূলক	যৌগ
Fe^{+++}	SO_4^{--}	$Fe_2(SO_4)_3$
Zn^{++}	S^{--}	ZnS
Zn^{++}	OH^-	$Zn(OH)_2$
Ag^+	Cl^-	AgCl
Ag^+	NO_3^-	$AgNO_3$
Na^+	NO_2^-	$NaNO_2$
NH_4^+	PO_4^{---}	$(NH_4)_3PO_4$
Al^{+++}	PO_4^{---}	$AlPO_4$

Cl^-, O^{--}, S^{--}, $(OH)^-$, $(NO_3)^-$, $(CO_3)^{--}$, $(SO_4)^{--}$ $(PO_4)^{---}$ —ইহারা সকলে নেগেটিভ যোজ্যতাযুক্ত। H^+, Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, Zn^{++}, Al^{+++}, Fe^{++}, Fe^{+++}, Ag^+, NH_4^+ ইত্যাদি সকলে পজিটিভ যোজ্যতাযুক্ত।

যৌগ অণুর গঠন সঙ্কেত (Structural formula of a compound) : পদার্থের অণুর মধ্যে গঠনকারী পরমাণুগুলি উহাদের যোজ্যতার সাহায্যে কিভাবে পরস্পর যুক্ত থাকে তাহা বুঝাইবার জন্য যে-সঙ্কেতের সাহায্য লওয়া হয় সেই সঙ্কেতকে গঠন সঙ্কেত বা রেখা সঙ্কেত **(graphic formula)** বলে। এই পদ্ধতিতে প্রতিটি মৌলের যোজ্যতাকে ঐ মৌলের পরমাণুর চিহ্নের পাশে ছোট রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহাকে যোজ্যতা রেখা বলা যাইতে পারে। যে-পরমাণুর যোজ্যতা যত ততগুলি যোজ্যতা রেখা দ্বারা যোজ্যতা নির্দেশ করা হয়। নিম্নলিখিত উদাহরণে ইহা স্পষ্ট হইবে।

মৌল	যোজ্যতা	মৌলের রেখা সঙ্কেত
H	1	H—
Cl	1	Cl—
Na	1	Na—
O	2	—O—
S	2	—S—
Ca	2	—Ca—
Mg	2	—Mg—
N	3	
P	3	
C	4	
N	5	
P	5	
S	6	

একযোজী মৌলের পরমাণুর একটি রেখা অপর মৌলের পরমাণুর একটি যোজ্যতা রেখার সহিত সংযুক্ত হইবে। দ্বিযোজী মৌলের দুইটি যোজ্যতা রেখা দুইটি একযোজী মৌলের পরমাণুর দুইটি যোজ্যতা রেখার সহিত অথবা একটি দ্বিযোজী মৌলের পরমাণুর দুইটি যোজ্যতা রেখার সহিত যুক্ত হইতে পারে। ত্রিযোজী অথবা চতুর্যোজী ইত্যাদি মৌলের ক্ষেত্রে একই পদ্ধতি অনুসরণ করিবে। এই পদ্ধতি সমমৌলের পরমাণু অথবা ভিন্ন মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। এইরূপে যোজ্যতার মিলনের ফলে যে-রেখা পাওয়া যায় তাহাকে **বন্ধন বা যোজক (bond)** বলা হয়।

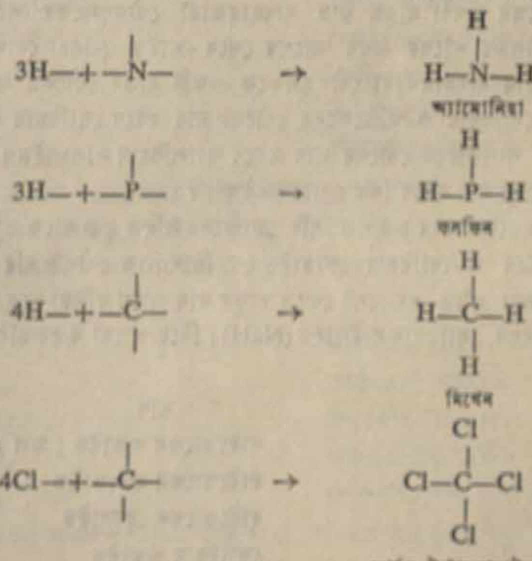
নিম্নে যৌগের এবং মৌলের পরমাণুগুলির সংযোজন দেখাইয়া উহাদের গঠন সঙ্কেত দেখান হইল:

H—+—Cl → H—Cl
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

H—+—F → H—F
হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড

H—+—O—+—H → H—O—H
জল

Mg=+=O → Mg=O
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড



H—+—H → H—H
হাইড্রোজেন অণু

Cl—+—Cl	→	Cl—Cl ক্লোরিন অণু
O=+=O	→	O=O অক্সিজেন অণু
N≡+≡N	→	N≡N নাইট্রোজেন অণু

এখানে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, প্রত্যেকটি অণুতেই প্রত্যেকটি পরমাণুর যোজ্যতা সিদ্ধ হইয়াছে। দুইটি উদাহরণ লইয়া আলোচনা করিলে ইহা বুঝা যাইবে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের রেখা-সঙ্কেত হইতে ইহা স্পষ্ট যে, ইহাতে হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 এবং ক্লোরিনের যোজ্যতা 1। সুতরাং উভয়েরই যোজ্যতা সিদ্ধ হইয়াছে। অ্যামোনিয়া রেখা-সঙ্কেত হইতে ইহা স্পষ্ট যে, ইহাতে নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 3 হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1। সুতরাং ইহাদের যোজ্যতা সিদ্ধ হইয়াছে। অক্সিজেন অণুর সংযুক্তি-সঙ্কেত হইতে ইহা পরিষ্কার যে, ইহাতে অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 সিদ্ধ হইয়াছে। এই প্রসঙ্গে ইহা মনে রাখা ভাল যে, এই পদ্ধতি সকল যোগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়।

যৌগিক পদার্থের নামকরণ (Nomenclature of Compounds) ঃ দুইটি মৌল দিয়া একটি যৌগ গঠিত হইলে তাহাকে দ্বিমৌলিক যৌগ বলে। দ্বিমৌলিক যৌগের ক্ষেত্রে নামের শেষে -আইড (-ide) যুক্ত করা হয়। ধাতব মৌল, হাইড্রোজেন অথবা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলকের নাম আগে বলিয়া অন্য মৌলটির নামের প্রথম অংশের শেষে -আইড (-ide) যোগ করিতে হয়। ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলককে একটি ধাতব মৌলের সদৃশ ধরা হয়। যেমন, সোডিয়াম ও অক্সিজেনের যৌগের নাম হইবে সোডিয়াম অক্সাইড। ক্যালসিয়াম ও সালফারের যৌগের নাম হইবে ক্যালসিয়াম সালফাইড। জিঙ্ক ও ক্লোরিনের যৌগের নাম হইবে জিঙ্ক ক্লোরাইড ইত্যাদি।

NH_4 (অ্যামোনিয়াম) মূলক যদি ক্লোরিনের সহিত যুক্ত থাকে তাহা হইলে উহার নাম হইবে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড। দ্বিমৌলিক যৌগটি যদি ধাতু এবং হাইড্রোজেন দিয়া গঠিত হয় সেই ক্ষেত্রে ধাতুর নাম আগে বলিয়া পরে হাইড্রাইড বলিতে হয়। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)। নিম্নে আরো কতকগুলি উদাহরণ দেওয়া হইল :

সঙ্কেত	নাম
H_2O	হাইড্রোজেন অক্সাইড (জল)
H_2S	হাইড্রোজেন সালফাইড
HCl	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
Na_2O	সোডিয়াম অক্সাইড
Na_2S	সোডিয়াম সালফাইড
NaF	সোডিয়াম ক্লোরাইড

সঙ্কেত	নাম
CaO	ক্যালসিয়াম অক্সাইড
CaS	ক্যালসিয়াম সালফাইড
$CaCl_2$	ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড
CaC_2	ক্যালসিয়াম কার্বাইড
ZnO	জিঙ্ক অক্সাইড
NaH	সোডিয়াম হাইড্রাইড
Mg_3N_2	ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড
NH_4Cl	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড
$CaBr_2$	ক্যালসিয়াম ব্রোমাইড
KI	পটাসিয়াম আয়োডাইড
Ca_3P_2	ক্যালসিয়াম ফসফাইড

দুইটি মৌল দ্বারা যদি একাধিক যৌগ গঠিত হয় তাহা হইলে মৌলের নিম্নতর যোজ্যতার যৌগকে 'আস' (ous) এবং উচ্চতর যোজ্যতার যৌগকে 'ইক' (ic) যৌগ বলে। যেমন,

যৌগের সঙ্কেত	যৌগের নাম
Cu_2O (Cu^{+1})	কিউপ্রাস অক্সাইড
CuO (Cu^{++})	কিউপ্রিক অক্সাইড
FeO (Fe^{++})	ফেরাস অক্সাইড
Fe_2O_3 (Fe^{+++})	ফেরিক অক্সাইড
$SnCl_2$	স্ট্যানাস ক্লোরাইড
$SnCl_4$	স্ট্যানিক ক্লোরাইড

ইহা ব্যতীত অনেক সময়ে যৌগের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা বুঝাইবার জন্য 'মনো' (এক), 'ডাই' (দুই), 'ট্রাই' (তিন), 'টেট্রা' (চার), 'পেন্টা' (পাঁচ) ইত্যাদি উপসর্গ যোগ করা হয়। উদাহরণ :

সংকেত	যৌগের নাম
CO	কার্বন মনোক্সাইড
CO_2	কার্বন ডাই-অক্সাইড
PCl_3	ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড
CCl_4	কার্বন টেট্রাক্লোরাইড
PCl_5	ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড

যে-সকল অক্সাইড যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ আপেক্ষিকভাবে বেশি সেই সকল অক্সাইডকে পার-অক্সাইড নামে অভিহিত করা হয়।

$$Cl—+—Cl \rightarrow Cl—Cl$$
ক্লোরিন অণু

$$O=+=O \rightarrow O=O$$
অক্সিজেন অণু

$$N\equiv+\equiv N \rightarrow N\equiv N$$
নাইট্রোজেন অণু

এখানে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, প্রত্যেকটি অণুতেই প্রত্যেকটি পরমাণুর যোজ্যতা সিদ্ধ হইয়াছে। দুইটি উদাহরণ লইয়া আলোচনা করিলে ইহা বুঝা যাইবে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের রেখা-সঙ্কেত হইতে ইহা স্পষ্ট যে, ইহাতে হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 এবং ক্লোরিনের যোজ্যতা 1। সুতরাং উভয়েরই যোজ্যতা সিদ্ধ হইয়াছে। অ্যামোনিয়া রেখা-সঙ্কেত হইতে ইহা স্পষ্ট যে, ইহাতে নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 3 হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1। সুতরাং ইহাদের যোজ্যতা সিদ্ধ হইয়াছে। অক্সিজেন অণুর সংযুতি-সঙ্কেত হইতে ইহা পরিষ্কার যে, ইহাতে অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 সিদ্ধ হইয়াছে। এই প্রসঙ্গে ইহা মনে রাখা ভাল যে, এই পদ্ধতি সকল যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়।

যৌগিক পদার্থের নামকরণ (Nomenclature of Compounds) : দুইটি মৌল দিয়া একটি যৌগ গঠিত হইলে তাহাকে দ্বিমৌলিক যৌগ বলে। দ্বিমৌলিক যৌগের ক্ষেত্রে নামের শেষে -আইড (-ide) যুক্ত করা হয়। ধাতব মৌল, হাইড্রোজেন অথবা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলকের নাম আগে বলিয়া অন্য মৌলটির নামের প্রথম অংশের শেষে -আইড (-ide) যোগ করিতে হয়। ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগমূলককে একটি ধাতব মৌলের সদৃশ ধরা হয়। যেমন, সোডিয়াম ও অক্সিজেনের যৌগের নাম হইবে সোডিয়াম অক্সাইড। ক্যালসিয়াম ও সালফারের যৌগের নাম হইবে ক্যালসিয়াম সালফাইড। জিঙ্ক ও ক্লোরিনের যৌগের নাম হইবে জিঙ্ক ক্লোরাইড ইত্যাদি।

NH_4 (অ্যামোনিয়াম) মূলক যদি ক্লোরিনের সহিত যুক্ত থাকে তাহা হইলে উহার নাম হইবে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড। দ্বিমৌলিক যৌগটি যদি ধাতু এবং হাইড্রোজেন দিয়া গঠিত হয় সেই ক্ষেত্রে ধাতুর নাম আগে বলিয়া পরে হাইড্রাইড বলিতে হয়। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)। নিম্নে আরো কতকগুলি উদাহরণ দেওয়া হইল :

সঙ্কেত	নাম
H_2O	হাইড্রোজেন অক্সাইড (জল)
H_2S	হাইড্রোজেন সালফাইড
HCl	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
Na_2O	সোডিয়াম অক্সাইড
Na_2S	সোডিয়াম সালফাইড
NaF	সোডিয়াম ফ্লোরাইড

সঙ্কেত	নাম
CaO	ক্যালসিয়াম অক্সাইড
CaS	ক্যালসিয়াম সালফাইড
$CaCl_2$	ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড
CaC_2	ক্যালসিয়াম কার্বাইড
ZnO	জিঙ্ক অক্সাইড
NaH	সোডিয়াম হাইড্রাইড
Mg_3N_2	ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড
NH_4Cl	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড
$CaBr_2$	ক্যালসিয়াম ব্রোমাইড
KI	পটাসিয়াম আয়োডাইড
Ca_3P_2	ক্যালসিয়াম ফসফাইড

দুইটি মৌল দ্বারা যদি একাধিক যৌগ গঠিত হয় তাহা হইলে মৌলের নিম্নতর যোজ্যতার যৌগকে 'আস' (ous) এবং উচ্চতর যোজ্যতার যৌগকে 'ইক' (ic) যৌগ বলে। যেমন,

যৌগের সঙ্কেত	যৌগের নাম
Cu_2O (Cu^{+1})	কিউপ্রাস অক্সাইড
CuO (Cu^{++})	কিউপ্রিক অক্সাইড
FeO (Fe^{++})	ফেরাস অক্সাইড
Fe_2O_3 (Fe^{+++})	ফেরিক অক্সাইড
$SnCl_2$	স্ট্যানাস ক্লোরাইড
$SnCl_4$	স্ট্যানিক ক্লোরাইড

ইহা ব্যতীত অনেক সময়ে যৌগের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা বুঝাইবার জন্য 'মনো' (এক), 'ডাই' (দুই), 'ট্রাই' (তিন), 'টেট্রা' (চার), 'পেন্টা' (পাঁচ) ইত্যাদি উপসর্গ যোগ করা হয়। উদাহরণ :

সংকেত	যৌগের নাম
CO	কার্বন মনোক্সাইড
CO_2	কার্বন ডাই-অক্সাইড
PCl_3	ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড
CCl_4	কার্বন টেট্রাক্লোরাইড
PCl_5	ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড

যে-সকল অক্সাইড যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ আপেক্ষিকভাবে বেশি সেই সকল অক্সাইডকে পার-অক্সাইড নামে অভিহিত করা হয়।

সঙ্কেত	যৌগের নাম
H_2O_2	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
Na_2O_2	সোডিয়াম পার-অক্সাইড
BaO_2	বেরিয়াম পার-অক্সাইড

যৌগমূলক ধাতুর ন্যায় ব্যবহার করিয়া অধাতুর সহিত যুক্ত হইলে যৌগমূলকের নাম আগে করিয়া পরে অধাতুর নামের প্রথমাংশের সহিত 'আইড' যোগ করিয়া যৌগটির নাম করিতে হয়।

সঙ্কেত	যৌগের নাম
NH_4Cl	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

যৌগমূলক যদি অধাতুর ন্যায় ব্যবহার করে এবং ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে তবে সেইক্ষেত্রে প্রথমে ধাতুর নাম এবং পরে মূলকটির নাম করিয়া যৌগের নাম করিতে হয়। যেমন,

সঙ্কেত	যৌগের নাম
$NaOH$	সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড
Na_2SO_4	সোডিয়াম সালফেট
Na_2CO_3	সোডিয়াম কার্বনেট
$CaSO_4$	ক্যালসিয়াম সালফেট
$CaCO_3$	ক্যালসিয়াম কার্বনেট
$Ca_3(PO_4)_2$	ক্যালসিয়াম ফসফেট
$(NH_4)_2CO_3$	অ্যামোনিয়াম কার্বনেট
NH_4OH	অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড
$(NH_4)_2SO_4$	অ্যামোনিয়াম সালফেট

ধাতুর পরিবর্তে অধাতুধর্মী মূলকের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত থাকিলে বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্কেত পাওয়া যায়। অ্যাসিডগুলিকে সাধারণত তাহাদের নিজস্ব নামে প্রকাশ করা হয়। যেমন, H_2SO_4-কে হাইড্রোজেন সালফেট না বলিয়া 'সালফিউরিক অ্যাসিড' বলে। নিম্নের উদাহরণগুলি লক্ষ্য করিলে ইহা বুঝা যাইবে।

সঙ্কেত	যৌগের নাম
H_2SO_4	সালফিউরিক অ্যাসিড (হাইড্রোজেন সালফেট নহে)
HNO_3	নাইট্রিক অ্যাসিড (হাইড্রোজেন নাইট্রেট নহে)
H_2CO_3	কার্বনিক অ্যাসিড (হাইড্রোজেন কার্বনেট নহে)
H_3PO_4	ফসফরিক অ্যাসিড (হাইড্রোজেন ফসফেট নহে)

রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical equation) : আমরা জানি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক পদার্থ পরিবর্তিত হইয়া এক বা একাধিক নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থকে 'বিক্রিয়ক' (reactants) এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থকে 'বিক্রিয়াজাত' পদার্থ (products)

বলে। **বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের উপযুক্ত চিহ্ন এবং সঙ্কেত ব্যবহার করিয়া সংক্ষেপে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে যাহার সাহায্যে প্রকাশ করা হয় তাহাকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে।**

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থগুলির চিহ্ন বা সঙ্কেতের মধ্যে '+' চিহ্ন (যোগ চিহ্ন) লিখিয়া বামদিকে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির চিহ্ন বা সঙ্কেতের মধ্যে '+' চিহ্ন (যোগ চিহ্ন) লিখিয়া ডান দিকে বসাইয়া বাম এবং ডান অংশের মধ্যস্থলে '=' চিহ্ন (সমতা চিহ্ন) দ্বারা পরস্পরকে সংযুক্ত করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করা হয়। বলাই বাহুল্য, মৌলের ক্ষেত্রে মৌলের পরমাণু বুঝাইতে চিহ্ন এবং মৌলিক অণু অথবা যৌগিক অণু বুঝাইতে সঙ্কেত ব্যবহার করা হয়।

উদাহরণ ঃ সোডিয়াম হাইড্রাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ইহা নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2$$

(2) জিঙ্ক সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জিঙ্ক সালফেট এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা ইহা নিম্নলিখিত উপায়ে প্রকাশ করা হয়

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

(3) ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণ হইবে

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধান (Balancing of chemical equation) ঃ রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধানে আমাদিগকে নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলি সর্বদাই স্মরণ রাখিতে হইবে :

(i) রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা প্রকৃতিতে সংঘটিত হয় এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া বুঝায়।

(ii) রাসায়নিক সমীকরণে সমতা চিহ্নের উভয় দিকে প্রত্যেকটি পরমাণুর সংখ্যা সমান হইতে হইবে। অর্থাৎ রাসায়নিক সমীকরণ ভরের নিত্যতা সূত্র এবং ডালটনের পরমাণুবাদ মানিয়া চলিবে।

(iii) রাসায়নিক সমীকরণে পদার্থগুলির সঙ্কেত বা চিহ্ন এমনভাবে লিখিতে হইবে যেন তাহাদের প্রাকৃতিক অবস্থানের সহিত সাদৃশ্য থাকে। যেমন, প্রকৃতিতে অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক (O_2) অবস্থায় থাকে, সুতরাং রাসায়নিক সমীকরণে অক্সিজেনকে O_2 হিসাবে লিখিতে হইবে। আয়রন প্রকৃতিতে একপরমাণুক অবস্থায় থাকে, সুতরাং রাসায়নিক সমীকরণে আয়রনকে Fe হিসাবে লিখিতে হইবে।

সুতরাং নির্ভুল রাসায়নিক সমীকরণ লিখিবার জন্য উপরি-লিখিত শর্তগুলি মানিয়া নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি প্রয়োগ করা হয়।

(A) পরীক্ষা-নিরীক্ষা পদ্ধতি (Method of trial)ঃ নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে ইহা বুঝানো যাইতে পারে।

(a) হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$H + Cl \rightarrow HCl$$

এইরূপ সমীকরণ লেখা নিয়মবিরুদ্ধ, কারণ প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন অণু দ্বিপরমাণুক অবস্থায় অবস্থান করে। সুতরাং সমীকরণটি নিম্নলিখিত উপায়ে প্রকাশ করা যাইতে পারে

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow HCl$$

কিন্তু এই সমীকরণও নির্ভুল নহে কারণ সমীকরণের উভয় দিকে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের পরমাণুর সংখ্যা অসমান। উভয় দিকে পরমাণু সংখ্যার সমতা আনিতে হইলে ডানদিকে 2 অণু HCl লিখিতে হইবে। সুতরাং প্রকৃত রাসায়নিক সমীকরণটি হইবে

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

(b) হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

$H + O \rightarrow H_2O$ এই সমীকরণ ঠিক নহে। কারণ প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক অবস্থায় থাকে। সুতরাং সমীকরণটি নিম্নলিখিত উপায়ে প্রকাশ করা যাইতে পারে

$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ এই সমীকরণও অশুদ্ধ। কারণ সমীকরণটির উভয় দিকে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা সমান নহে। উভয় দিকে অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা সমান করিতে হইলে 2 অণু জল লইতে হইবে। আবার 2 অণু জল করিতে হইলে হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যাও 2 করিতে হইবে। সুতরাং সঠিক সমীকরণ হইবে

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

একই রকম যুক্তি প্রয়োগ করিয়া নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সঠিকভাবে লিখিতে পারা যায়।

(c) অ্যালুমিনিয়াম + অক্সিজেন → অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড

$$Al + O \rightarrow Al_2O_3$$

$$2Al + 3O \rightarrow Al_2O_3$$

$$4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$$

∴ সঠিক সমীকরণ হইল $4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$

(d) ম্যাগনেসিয়াম + নাইট্রোজেন → ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড

$$Mg + N \rightarrow Mg_3N_2$$

$$3Mg + 2N \rightarrow Mg_3N_2$$

$$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$$

∴ সঠিক সমীকরণ হইল $3Mg + N_2 = Mg_3N_2$

(e) অ্যালুমিনিয়াম + সালফিউরিক অ্যাসিড → অ্যালুমিনিয়াম সালফেট + হাইড্রোজেন

$$Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$$
$$2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$$

∴ সঠিক সমীকরণ হইল $2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$

(f) ম্যাগনেসিয়াম + অক্সিজেন → ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড

$$Mg + O \rightarrow MgO$$
$$2Mg + 2O \rightarrow 2MgO$$
$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

∴ সঠিক সমীকরণ $2Mg + O_2 = 2MgO$

(g) পটাসিয়াম ক্লোরেট → পটাসিয়াম ক্লোরাইড + অক্সিজেন

$$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$$

বামদিকে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু আছে কিন্তু ডানদিকে দুইটি। অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যার সমতা রক্ষার্থে O_2-কে $\frac{3}{2}$ দ্বারা গুণ করিতে হইবে। সুতরাং,

$$KClO_3 \rightarrow KCl + \tfrac{3}{2}O_2$$

ভগ্নাংশ অপনয়ন করিতে সমস্ত সমীকরণটিকে 2 দ্বারা গুণ করিতে হইবে। সুতরাং সঠিক সমীকরণটি হইবে

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

(h) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড → জল + অক্সিজেন

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$$
$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + \tfrac{1}{2}O_2$$
$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$

∴ সঠিক সমীকরণ হইল

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

(B) আংশিক সমীকরণ দ্বারা ঃ এমন অনেকগুলি রাসায়নিক সমীকরণ আছে যাহাদের সমতা বিধান খুব সহজে সম্ভব হয় না। এই সকল ক্ষেত্রে সমগ্র সমীকরণটিকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করিয়া আংশিক সমীকরণে প্রকাশ করা হয়। এই আংশিক সমীকরণগুলি যোগ করিলে সম্পূর্ণ সমীকরণটিতে সমতা প্রতিষ্ঠিত হয়। কিন্তু আংশিক সমীকরণগুলির বামদিকে ও ডানদিকে আবির্ভূত একই যৌগ বা মৌল যাহাতে অন্তিম সমীকরণটির মধ্যে আসিয়া না পড়ে সেজন্য প্রয়োজনবোধে যোগ করিবার পূর্বে উহাদের কয়েকটিকে বা সবকয়টিকে উপযুক্ত পূর্ণসংখ্যা দ্বারা উভয়দিকে গুণ করা হয়। লক্ষ্য রাখিতে হয় যেন প্রত্যেকটি আংশিক সমীকরণে সমতা থাকে। নিম্নের উদাহরণে ইহা বুঝা যাইবে।

(a) অ্যাসিডযুক্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সহিত

বিক্রিয়া করিয়া পটাসিয়াম সালফেট, ম্যাঙ্গানাস সালফেট, জল এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে,

$$2KMnO_4 = K_2O + 2MnO + 5O$$
$$K_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O$$
$$2MnO + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 2H_2O$$
$$5H_2O_2 = 5H_2O + 5O$$
$$5O + 5O = 5O_2$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(b) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরিন, ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড এবং জল উৎপন্ন করে।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O$$
$$MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2$$

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2 + Cl_2$$

(c) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড+সোডিয়াম ক্লোরাইড+সালফিউরিক অ্যাসিড→ ম্যাঙ্গানাস সালফেট+সোডিয়াম বাইসালফেট+ক্লোরিন+জল।

$$2NaCl + ZnSO_4 = 2NaHSO_4 + 2HCl$$
$$MnO_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2O + O$$
$$2HCl + O = H_2O + Cl_2$$

$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 3H_2O + Cl_2$$

(d) কপার+ঘন উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিড→কপার সালফেট, জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড।

$$H_2SO_4 = SO_2 + H_2O + O$$
$$Cu + O = CuO$$
$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

$$Cu + 2H_2SO_4 = SO_2 + CuSO_4 + 2H_2O$$

(e) ক্লোরিন+সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড→সোডিয়াম ক্লোরাইড+সোডিয়াম হাইপো ক্লোরাইড এবং জল।

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl$$
$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$
$$HOCl + NaOH = NaOCl + H_2O$$

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$$

বীজগাণিতিক পদ্ধতিতে রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধান : নিম্নলিখিত উদাহরণ সাহায্যে ইহা সহজেই বুঝা যাইবে—

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট+হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড→পটাসিয়াম ক্লোরাইড+ ক্রোমিক ক্লোরাইড, ক্লোরিন এবং জল।

ধরা যাক, সঠিক সমীকরণটি

$$a\,K_2Cr_2O_7 + b\,HCl = c\,KCl + d\,CrCl_3 + e\,Cl_2 + f\,H_2O$$

a, b, c, d, e, f-এর মান নির্ণয় করিতে পারিলে সঠিক সমীকরণটি পাওয়া যাইবে। যেহেতু বাম এবং ডান দিকে মৌলগুলির পরমাণুর সংখ্যা সমান হইবে,

$\therefore$ $2a = c$ ··· (1) (K-এর ক্ষেত্রে)
$2a = d$ ··· (2) (Cr-এর ,,)
$7a = f$ ··· (3) (O-এর ,,)
$b = 2f$ ··· (4) (H-এর ,,)
$b = c + 3d + 2e$ ··· (5) (Cl-এর ,,)

এই বার 'a'-এর একটি মান বসাইয়া (ধরা যাক, 1) b, c, d, e, f-এর মান নির্ণয় করা হইলে $c=2$, $d=2$, $f=7$, $b=14$ এবং $e=3$ পাওয়া যাইবে। সুতরাং নির্ণেয় সঠিক সমীকরণ হইবে,

$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$$

রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য (Significance of chemical equation) ঃ রাসায়নিক সমীকরণ হইতে নিম্নলিখিত গুণগত (Qualitative) এবং পরিমাণগত (Quantitative) তথ্য জানা যায়।

(i) রাসায়নিক সমীকরণ যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংক্ষিপ্ত প্রকাশ তাহা ব্যক্ত হয়।

(ii) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন্ কোন্ পদার্থ বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়ার ফলে কোন্ কোন্ পদার্থ উৎপন্ন হইয়াছে সে সম্পর্কে সবিশেষ জ্ঞান হয়।

(iii) কমপক্ষে কতগুলি ক্ষুদ্রতম কণা বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিতেছে তাহা জানা যায়।

(iv) রাসায়নিক বিক্রিয়ার সহিত সংশ্লিষ্ট পদার্থগুলির ওজন, আয়তন (গ্যাসের ক্ষেত্রে) এবং 'মোল' সংখ্যা সম্বন্ধে ধারণা জন্মায়।

(v) রাসায়নিক সমীকরণ ভরের নিত্যতা সূত্র এবং ডালটনের পরমাণুবাদ মানিয়া চলে।

নিম্নলিখিত উদাহরণগুলির সাহায্যে রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য সম্যকভাবে বুঝা যাইবে।

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ এই সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি,

(i) হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(ii) এক অণু ক্লোরিন এক অণু হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দুই অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(iii) 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন 70·914 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 72·93 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(iv) এক মোল হাইড্রোজেন এক মোল ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2 মোল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(v) N. T. P.-তে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন 22·4 লিটার ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 44·8 লিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

(vi) 'বিক্রিয়ক' পদার্থগুলির মোট ভর বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভরের সমান। অর্থাৎ, $2{\cdot}016+70{\cdot}914=72{\cdot}93$

(vii) বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট পরমাণুসংখ্যা বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোট পরমাণুসংখ্যার সমান। অর্থাৎ, $2+2=4$

অনুরূপভাবে, $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ সমীকরণের অর্থ (i) জিঙ্ক সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস এবং জিঙ্ক সালফেট লবণ উৎপন্ন করে।

(ii) এক অণু জিঙ্ক (জিঙ্ক অণু একপরমাণুক) এক অণু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এক অণু হাইড্রোজেন গ্যাস এক অণু জিঙ্ক সালফেট লবণ সৃষ্টি করে।

(iii) 65 গ্রাম জিঙ্ক 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 161 গ্রাম জিঙ্ক সালফেট এবং 2 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

(iv) এক গ্রাম পরমাণু জিঙ্ক (=এক 'মোল' জিঙ্ক পরমাণু) এক 'মোল' সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এক 'মোল' হাইড্রোজেন এবং এক 'মোল' জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন করে।

(v) এই বিক্রিয়ায় N. T. P.-তে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

(vi) 'বিক্রিয়ক' পদার্থগুলির মোট ভর 'বিক্রিয়াজাত' পদার্থের মোট ভরের সমান। অর্থাৎ, $65+98=161+2$

(vii) বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট পরমাণুসংখ্যা বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোট পরমাণুসংখ্যার সমান। অর্থাৎ $1+(2+1+4)=(1+1+4)+2$

রাসায়নিক সমীকরণের অসম্পূর্ণতা (Limitations of chemical equations) : রাসায়নিক সমীকরণ হইতে আমরা নিম্নলিখিত তথ্যগুলি অবগত হই না।

(a) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির উদ্ভব অথবা শক্তির শোষণ হয় কিনা রাসায়নিক সমীকরণ হইতে তাহা জানা যায় না।

(b) রাসায়নিক বিক্রিয়ার শর্তগুলি রাসায়নিক সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় না। শর্ত বলিতে বুঝায় চাপ, তাপমাত্রা, বিক্রিয়কের সক্রিয় ভর, অনুঘটক (Catalyst) ইত্যাদি।

(c) রাসায়নিক সমীকরণ হইতে কোনও নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার গতি সম্বন্ধে কোন জ্ঞান হয় না। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি সমাপ্ত হইতে কত সময় লাগিবে তাহা জানা যায় না।

(d) বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী পদার্থ এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির ভৌত অবস্থা সম্বন্ধে রাসায়নিক সমীকরণ হইতে কিছু জানা যায় না, অর্থাৎ পদার্থগুলি কঠিন, তরল বা বায়বীয় কিনা তাহা জানা যায় না।

(e) কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া উভমুখী কিনা তাহা রাসায়নিক সমীকরণ হইতে জানা যায় না।

নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি পর্যালোচনা করিলে রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা সম্বন্ধে ধারণা হইবে।

(1) $N_2+3H_2=2NH_3$ এই বিক্রিয়াটি ঘটাইতে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ, 550°C উষ্ণতা এবং লৌহচূর্ণ অনুঘটকের প্রয়োজন হয়। তাহা ছাড়া এই বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং তাপমোচী বিক্রিয়া। উপরিলিখিত সমীকরণ হইতে এই সকল তথ্য কিছুই জানা যাইতেছে না। এই বিক্রিয়া নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং অ্যামোনিয়া গ্যাসীয় অবস্থায় বর্তমান কিন্তু সমীকরণটি পদার্থগুলির ভৌত অবস্থা প্রকাশ করিতেছে না। এই বিক্রিয়াটি সমাপ্ত করিতে হইলে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে সরাইয়া লইতে হইবে এবং একটি নির্দিষ্ট সময়ে বিক্রিয়াটি সমাপ্ত হইবে। এই 'সময়' সম্বন্ধে সমীকরণটি কোন তথ্য পরিবেশন করিতেছে না।

(2) $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ এই বিক্রিয়ায় জিঙ্ক কঠিন অবস্থায় বর্তমান এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ লইতে হয়। উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাসীয় অবস্থায় মুক্ত হয় এবং উৎপন্ন জিঙ্ক সালফেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। কিন্তু এই সব বিষয় সম্পর্কে সমীকরণটি কোনও তথ্য পরিবেশন করিতেছে না।

তবে বর্তমানে উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সমতা চিহ্নের (=) পরিবর্তে '$\rightleftharpoons$' চিহ্ন ব্যবহার করিয়া বিক্রিয়াটি উভমুখী বুঝান হইয়া থাকে; এবং 'তাপমোচী' এবং 'তাপগ্রাহী' বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সমীকরণের ডানদিকে যথাক্রমে '+' এবং '−' চিহ্ন দিয়া উৎপন্ন তাপের পরিমাণ লেখা হয়। যেমন,

$$3H_2+N_2 \rightleftharpoons 2NH_3+11800 \text{ ক্যালোরি}/2 \text{ মোল } NH_3$$

$$N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO \quad -44000 \text{ ক্যালোরি}/2 \text{ মোল } NO$$

রাসায়নিক বিক্রিয়া : একটি মৌলিক অথবা যৌগিক পদার্থ হইতে এক বা একাধিক নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইলে কিংবা একাধিক মৌলিক অথবা যৌগিক পদার্থ পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করিলে **রাসায়নিক বিক্রিয়া** সংঘটিত হয়।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ (Classification of chemical reactions) : আমরা যে-সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রত্যক্ষ করি সেগুলিকে নিম্নলিখিত কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হয়।

(A) সংশ্লেষণ (Synthesis) : যে-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যৌগ তাহার মৌলিক উপাদানের প্রত্যক্ষ সংযোগে উৎপন্ন হয়, তাহাকে সংশ্লেষণ বলে। যেমন,

$$C+O_2 \quad = \quad CO_2$$

$$2Ca + O_2 = 2CaO$$
$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$
$$S + O_2 = SO_2$$

(B) বিশ্লেষণ (Analysis or decomposition) : যে-বিক্রিয়ায় কোনও যৌগিক পদার্থ দুই বা ততোধিক সরল পদার্থে (মৌলিক অথবা যৌগিক) পরিণত হয় তাহাকে বিশ্লেষণ বা বিভাজন বলে। বিশ্লেষণ, সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার ঠিক বিপরীত।

$$2KClO_3 \xrightleftharpoons{\text{উত্তাপ}} 2KCl + 3O_2$$
$$2KNO_3 \xrightleftharpoons{\text{উত্তাপ}} 2KNO_2 + O_2$$
$$NH_4Cl \xrightleftharpoons{\text{উত্তাপ}} NH_3 + HCl$$
$$2HCl \xrightleftharpoons{\text{বিদ্যুৎ}} H_2 + Cl_2$$
$$2HgO \xrightleftharpoons{\text{উত্তাপ}} 2Hg + O_2$$

(C) প্রতিস্থাপন (Displacement or replacement or substituion) : এই বিক্রিয়ায় তুলনামূলকভাবে সক্রিয় মৌল কোনও যৌগ হইতে অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় মৌলকে অপসারণ করিয়া তাহার স্থান দখল করে।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$

(D) বিপরীত বিক্রিয়া বা বিনিময় বিক্রিয়া (Double decomposition or metathesis) : যে-বিক্রিয়ায় দুইটি যৌগ পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া কালে নিজেদের উপাদানের বিনিময় ঘটাইয়া দুইটি যৌগ সৃষ্টি করে সেই বিক্রিয়াকে বিপরীত বিক্রিয়া বা বিনিময় বিক্রিয়া বলে।

$$Na_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 + 2NaCl$$
$$PbCl_2 + 2KI = PbI_2 + 2KCl$$
$$Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HNO_3$$
$$HCl + AgNO_3 = AgCl + HNO_3$$
$$PbCl_2 + H_2S = PbS + 2HCl$$

(E) যুত বিক্রিয়া (Addition reaction) : যে-বিক্রিয়ায় একাধিক যৌগিক পদার্থ অথবা যৌগিক এবং মৌলিক পদার্থ সম্পূর্ণরূপে যুক্ত হইয়া নূতন একটি যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে তাহাকে যুত বিক্রিয়া বলে।

$$CO + Cl_2 = \underset{\text{কার্বনিল ক্লোরাইড}}{COCl_2}$$

$$C_2H_4 + Cl_2 = \underset{\text{ইথিলিন ডাই-ক্লোরাইড}}{C_2H_4Cl_2}$$

(F) পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা আইসোমারিজম (Rearrangement of atoms or isomerism) : যে-বিক্রিয়ায় কোন যৌগ অণুর পরমাণুগুলি নূতনভাবে সজ্জিত হইয়া অর্থাৎ পুনর্বিন্যস্ত হইয়া নূতন একটি যৌগের সৃষ্টি করে তাহাকে পারমাণবিক পুনর্বিন্যাস বা আইসোমারিজম বলে।

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়াম সায়ানেট}}{NH_4CNO} \overset{\text{উত্তাপ}}{=} \underset{\text{ইউরিয়া}}{CO(NH_2)_2}$$

এখানে লক্ষণীয় যে, উভয় ক্ষেত্রেই আণবিক সঙ্কেত H_4CN_2O

(G) উভমুখী বিক্রিয়া (Reversible reaction) : যে-সকল বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি যুগপৎ পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বিক্রিয়ক পদার্থগুলি পুনরুৎপাদন করে সেই সকল বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলে। যেমন,

$$PCl_5 \overset{\text{উত্তাপ}}{\rightleftharpoons} PCl_3 + Cl_2$$

$$H_2 + I_2 \overset{\text{উত্তাপ}}{\rightleftharpoons} 2\,HI$$

$$3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

(H) অনুঘটন (Catalysis) : অনেক সময় দেখা যায় যে, কোনও একটি বিক্রিয়ায় অল্প পরিমাণে অন্য কোনও একটি পদার্থ যোগ করিলে বিক্রিয়ার গতি প্রভাবিত হয়। এই পদার্থটি বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। ইহাকে **অনুঘটক** বলে। এই রকম বিক্রিয়াকে **অনুঘটন** বলে। যদি পদার্থটি বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত করে তবে তাহাকে **ধনাত্মক অনুঘটক** বলে, আর যদি বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত করে তবে তাহাকে **ঋণাত্মক অনুঘটক** বলে।

MnO_2-এর উপস্থিতিতে $KClO_3$-কে সামান্য উত্তপ্ত করিলেই KCl এবং O_2-এ ভাঙিয়া যায়, সুতরাং এই ক্ষেত্রে MnO_2 ধনাত্মক অনুঘটকের কাজ করিতেছে। আবার, H_3PO_4-এর উপস্থিতিতে H_2O_2 সহজে H_2O এবং O_2-এ ভাঙিতে পারে না। সুতরাং এই ক্ষেত্রে ইহা ঋণাত্মক অনুঘটকের কাজ করিতেছে।

$$2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2KCl + 3O_2 \text{ [}MnO_2\text{ ধনাত্মক অনুঘটকের কাজ করে]}$$

$$2H_2O_2 \xrightarrow{H_3PO_4} 2H_2O + O_2 \text{ [}H_3PO_4\text{ ঋণাত্মক অনুঘটকের কাজ করে]}$$

ইহা ছাড়া আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis), প্রশমন (Neutralisation), সংযুতায়ন (Polymersiation), জারণ-বিজারণ (Oxidation reduction) বিয়োজন (Dissociation) প্রভৃতি কতকগুলি বিক্রিয়া আমাদের নজরে আসিবে। এই বিক্রিয়াগুলি উপরে আলোচিত বিক্রিয়াগুলির এক একটি বিশেষ উদাহরণ। যেমন, আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়া বিনিময় বিক্রিয়া ছাড়া কিছুই নহে। সংযুতায়ন একটি বিশেষ ধরনের যুত বিক্রিয়া। এই কারণে এই বিক্রিয়াগুলির বিস্তারিত আলোচনা

এখানে করা হইল না। প্রয়োজনমত ইহাদের বিষয় আলোচিত হইবে। যেমন, আর্দ্র বিশ্লেষণ 'লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ' অংশে আলোচিত হইয়াছে।

আয়নীয় বিক্রিয়া এবং আয়নীয় সমীকরণ (Ionic Reaction and Ionic Equation) : যে-সকল যৌগ তড়িৎবিশ্লেষ্য, তাহারা জলে দ্রবীভূত হইলে আয়নে বিয়োজিত হইয়া যায়। সুতরাং তড়িৎবিশ্লেষ্য যৌগগুলির বিক্রিয়া জলীয় দ্রবণে ঘটিলে বিক্রিয়ার আগে তাহারা আয়নিত হয়। আয়নিত হইবার পর উহারা বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। এইরূপ কয়েকটি উদাহরণ নিয়ে দেওয়া হইল।

(1) NaCl-এর জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ যোগ করিলে AgCl-এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$, Ag^+ এবং NO_3^--এ বিয়োজিত হয়। আবার NaCl, Na^+ এবং Cl^- বিয়োজিত হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $NaNO_3$ ও Na^+ এবং NO_3^- হিসাবে থাকে। AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয় বলিয়া আয়নিত হইতে পারে না। সুতরাং বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়।

$$Ag^+ + NO_3^- + Na^+ + Cl^- = AgCl + Na^+ + NO_3^-$$

অথবা, $Ag^+ + Cl^- = AgCl$

এই বিক্রিয়াটি লক্ষ করিলে দেখা যাইবে যে, যদিও বিক্রিয়ক হিসাবে NaCl এবং $AgNO_3$ ব্যবহৃত হইয়াছে, বাস্তবক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি হইয়াছে Ag^+ এবং Cl^--এর সহিত অর্থাৎ Ag^+ এবং Cl^- বিক্রিয়ায় প্রত্যক্ষভাবে অংশ গ্রহণ করিয়াছে।

(2) HCl-এর জলীয় দ্রবণ NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া NaCl এবং H_2O উৎপন্ন করে। H_2O মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বলিয়া উহা আয়নিত হয় না বলিলেই চলে। HCl, NaOH এবং NaCl তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বলিয়া উহার জলীয় দ্রবণ আয়নিত হয়। সুতরাং, বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যাইতে পারে—

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = H_2O + Na^+ + Cl^-$$

বা, $H^+ + OH^- = H_2O$

বিক্রিয়াটিতে যদিও HCl এবং NaOH ব্যবহৃত হইয়াছে, বাস্তবক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি ঘটিয়াছে H^+ এবং OH^--এর সহিত।

(3) H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণে Zn যুক্ত করিলে H_2 গ্যাস মুক্ত হয় এবং $ZnCl_2$ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ—

$$2H^+ + SO_4^{=} + Zn = Zn^{++} + SO_4^{=} + H_2$$

বা, $2H^+ + Zn = Zn^{++} + H_2$

সুতরাং, বলা যাইতে পারে, বিক্রিয়াটি H^+ এবং Zn-এর সহিত ঘটিয়া Zn^{++} এবং H_2 গ্যাস উৎপন্ন হইয়াছে, যদিও বিক্রিয়ক হিসাবে H_2SO_4 এবং Zn ছিল।

(4) Na_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ $BaCl_2$-এর জলীয় দ্রবণে যোগ করিলে $BaSO_4$-এর অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$2Na^+ + SO_4^{=} + Ba^{++} + 2Cl^- = BaSO_4 + 2Na^+ + 2Cl^-$$

$$Ba^{++} + SO_4^{=} = BaSO_4$$

বিক্রিয়াটি ঘটিয়াছে Ba^{++} এবং $SO_4^{=}$ আয়নের মধ্যে যদিও Na_2SO_4 এবং $BaCl_2$ বিক্রিয়ক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়াছিল।

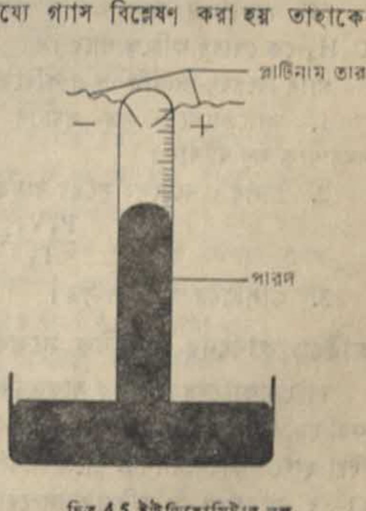
এই উদাহরণগুলি হইতে দেখা যাইতেছে যে, জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন আয়নগুলি বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়ায় প্রত্যক্ষভাবে অংশ গ্রহণ করে। সুতরাং জলীয় দ্রবণে সংঘটিত যে-সকল বিক্রিয়ায়, দ্রবণে উৎপন্ন আয়ন প্রত্যক্ষভাবে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়া বিক্রিয়াজাত পদার্থের সৃষ্টি করে সেই সকল বিক্রিয়াকে **আয়নীয় বিক্রিয়া বলে** এবং আয়নীয় বিক্রিয়া যে-রাসায়নিক সমীকরণের দ্বারা প্রকাশ করা হয় তাহাকে **আয়নীয় সমীকরণ** বলা হয়। মনে রাখিতে হইবে লবণ, তীব্র অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষার জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়া আয়ন সৃষ্টি করে।

গ্যাসমিতি (Eudiometry) ঃ যে-সকল বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে সেই সকল বিক্রিয়াকে বলা হয় গ্যাসীয় বিক্রিয়া। এই সকল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তনগুলির কয়েকটি মাপিতে পারিলে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানিতে পারিব। ইহাকে বলা হয় গ্যাস বিশ্লেষণ

(1) বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তনগত সম্পর্ক।
(2) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়ক গ্যাসীয় মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি।
(3) বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি।
(4) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সঙ্কেত।
(5) গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সঙ্কেত।

ইউডিয়োমিটার ঃ যে-যন্ত্রের সাহায্যে গ্যাস বিশ্লেষণ করা হয় তাহাকে বলা হয় ইউডিয়োমিটার। এই কারণেই এই পদ্ধতিকে বলা হয় **ইউডিয়োমেট্রি** বা **গ্যাসমিতি**।

সাধারণভাবে ইউডিয়োমিটার (চিত্র 4.5) একটি অংশাঙ্কিত সরু সোজা কাচের নল। ইহার এক প্রান্ত মুক্ত এবং অপর-প্রান্ত বদ্ধ। বদ্ধ প্রান্তে দুইটি প্লাটিনাম তার প্রবেশ করানো থাকে। ইহাদের দ্বারা তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠানো হয়। পরীক্ষার সময় ইউডিয়োমিটার নলটি পারদের দ্বারা পূর্ণ করিয়া পারদপূর্ণ একটি পাত্রে উল্টাইয়া রাখা হয়। অতঃপর জ্ঞাত আয়তনের একটি গ্যাস অথবা গ্যাসীয় মিশ্রণ ইউডিয়োমিটার নলের মধ্যে প্রবেশ করানো হয়। ইহার ফলে



চিত্র 4.5 ইউডিয়োমিটার নল

সম-আয়তন মারকারি অপসারিত হয়। ইহার পর জ্ঞাত আয়তনের অতিরিক্ত অক্সিজেন প্রবেশ করানো হয় এবং বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠানো হয়। ফলে দাহ্য বস্তুগুলি জারিত হয়। উৎপন্ন গ্যাসগুলি (সাধারণত CO_2, জলীয় বাষ্প অথবা অন্যান্য গ্যাস) যথাযথ বিশোষকের সাহায্যে শোষণ করিয়া উহাদের আয়তন মাপা হয়। বিক্রিয়া শেষে উষ্ণতা ল্যাবোরেটরীর উষ্ণতায় আনয়ন করিলে জলীয় বাষ্প তরল হইয়া যায়। তাই উহার আয়তন নগণ্য বলিয়া অগ্রাহ্য (0-আয়তন) করা হয়। সুতরাং বিক্রিয়ার শেষে গ্যাসমিশ্রণকে ল্যাবোরেটরীর তাপমাত্রায় আনয়ন করিয়া আয়তন মাপিলে যদি আয়তনের সঙ্কোচন দেখা যায় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে সেই সঙ্কোচন বিক্রিয়ার জন্য ঘটিয়াছে, জলীয় বাষ্পের তরলীভবনের জন্য নহে।

গ্যাস বিশ্লেষণে ব্যবহৃত পদার্থ অথবা উৎপন্ন পদার্থ তরল বা কঠিন হইলে উহাদের আয়তন শূন্য ধরা হয়।

[মনে রাখিতে হইবে, ইউডিয়োমিটারের সঙ্গে আরও কতকগুলি যন্ত্র সংযুক্ত থাকে যাহা নিয়ন্ত্রিত করিয়া সমচাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন মাপা হয়।]

বিভিন্ন বিশোষক পদার্থ:

(1) **কস্টিক পটাশ দ্রবণ বা KOH দ্রবণ**—ইহা CO_2, SO_2 ইত্যাদি আম্লিক অক্সাইডকে শোষণ করে।

(2) **ক্ষারীয় পাইরোগ্যালোল**—ইহা অক্সিজেনকে শোষণ করে।

(3) **অ্যামোনিকাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড**—ইহা CO এবং C_2H_2 গ্যাস শোষণ করে।

(4) **ব্রোমিন জল অথবা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড**– ইহা ইথিলিন C_2H_4-কে শোষণ করিতে পারে।

গ্যাস বিশ্লেষণ-সংক্রান্ত গণনা করিতে হইলে নিম্নলিখিতগুলি জানিতে হইবে:

1. অ্যাভোগেড্রো সূত্র—সমচাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান।

2. চার্লস ও বয়েলের সূত্রের সংযুক্ত সমীকরণ:

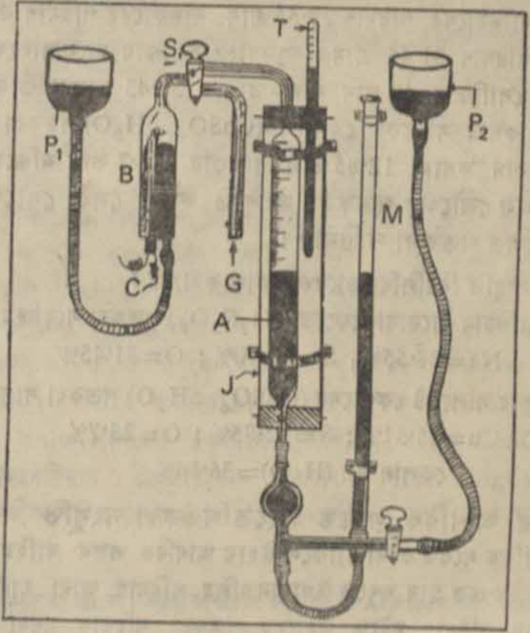
$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

3. ডালটনের আংশচাপ সূত্র।

হাইড্রোকার্বনের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়:

হাইড্রোকার্বনের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়ের জন্য যে-ইউডিয়োমিটার যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহা পরপৃষ্ঠার ছবিতে (চিত্র 4.6) দেখান হইল। প্রথমে G প্রবেশপথ দিয়া হাইড্রোকার্বন গ্যাস B পাত্রে প্রবেশ করে। অতঃপর স্টপ-কক S-এর সাহায্যে G-এর প্রবেশপথ বন্ধ করিয়া গ্যাসবুরেট A-এর সহিত B পাত্রের সংযোগ সাধন করা হয়। P_1-এর সাহায্যে দহন পাত্রের মধ্যে চাপ বাড়াইয়া প্রবিষ্ট হাইড্রো-

কার্বন গ্যাসকে A-এর মধ্যে পাঠাইয়া আবদ্ধ করা হয় এবং উহার আয়তন মাপা হয়। অনুরূপভাবে G-এর মধ্য দিয়া O_2 প্রবেশ করান হয় এবং A-এর মধ্যে পাঠাইয়া প্রবিষ্ট O_2-এর আয়তন মাপা হয়। ইহার পর হাইড্রোকার্বন এবং O_2-এর মিশ্রণকে P_2 সাহায্যে A-এর মধ্যে চাপ বৃদ্ধি করিয়া B পাত্রের মধ্যে পাঠাইয়া স্টপ-কক সাহায্যে B পাত্রে গ্যাসমিশ্রণকে আবদ্ধ করা হয় এবং প্লাটিনাম



চিত্র 4.6 ইউডিয়োমিটার যন্ত্র

কুণ্ডলীর সাহায্যে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ পাঠাইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হয়। বিস্ফোরণের পর তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রায় আনিলে A-এর সহিত B-এর সংযোগ সাধন করিয়া P_1-এর সাহায্যে উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে A-এর মধ্যে প্রবেশ করানো হয় এবং আবদ্ধ অবস্থায় উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণের আয়তন মাপা হয়। এই আয়তন মাপিয়া প্রথম সঙ্কোচন জানা যায়। ম্যানোমিটার M-এর সাহায্যে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এবং জল আবরকের (J) মধ্যে নিমজ্জিত থার্মোমিটার T হইতে ঘরের উষ্ণতা জানা যায়।

এইবার উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণকে আবার B পাত্রে পাঠাইয়া বদ্ধ করিয়া B পাত্রের মধ্যে শোষক পদার্থ চালনা করা হয়। শোষণের পর গ্যাসমিশ্রণকে আবার A-এর মধ্যে চালনা করিয়া আয়তন মাপা হয়। ইহা হইতে দ্বিতীয় সঙ্কোচন নির্ণয় করা হয়। এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা দরকার যে, স্টপ-কক S এমনভাবে যুক্ত করা থাকে যে, ইহার সাহায্যে বিভিন্ন পাত্রের সহিত ইচ্ছামত সংযোগ স্থাপন বা সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা যায় এবং নির্দিষ্ট কোন পাত্রে গ্যাসকে আবদ্ধ করা যায়।

যৌগের শতকরা সংযুতি, স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেত
(Percentage Composition, Emperical formula & Molecular formula)

শতকরা সংযুতি : আমরা জানি, যৌগ বিভিন্ন মৌল দ্বারা গঠিত। একটি যৌগের 100 গ্রামে উপাদান মৌলগুলির নিজ নিজ ওজন, যৌগটিতে উহাদের শতকরা পরিমাণ নির্দেশ করে। সোডিয়াম থায়োসালফেটের ($Na_2S_2O_3$) 100 গ্রামে সোডিয়ামের পরিমাণ 28·55 গ্রাম, সালফারের পরিমাণ 40 গ্রাম এবং অক্সিজেনের পরিমাণ 31·45 গ্রাম। সুতরাং সোডিয়াম থায়োসালফেটে শতকরা 28·55 গ্রাম সোডিয়াম, 40 গ্রাম সালফার এবং 31·45 গ্রাম অক্সিজেন বর্তমান। অনুরূপভাবে, কপার সালফেট কেলাসে ($CuSO_4, 5H_2O$) শতকরা 36·14 ভাগ জল, 25·31 ভাগ কপার, 12·85 ভাগ সালফার, 25·7 ভাগ অক্সিজেন বর্তমান। **সুতরাং কোন যৌগের শতকরা সংযুতি হইল সেই যৌগে উপস্থিত উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ।**

শতকরা সংযুতি নিম্নলিখিতভাবেও প্রকাশ করা হয় :

(1) সোডিয়াম থায়োসালফেটের ($Na_2S_2O_3$) শতকরা সংযুতি :

$$Na=28{\cdot}55\% \,;\; S=40{\cdot}00\% \,;\; O=31{\cdot}45\%$$

(2) কপার সালফেট কেলাসের ($CuSO_4, 5H_2O$) শতকরা সংযুতি :

$$Cu=25{\cdot}31\% \,;\; S=12{\cdot}85\% \,;\; O=25{\cdot}7\%$$

কেলাস জল (H_2O)$=36{\cdot}14\%$

যৌগের আণবিক সঙ্কেত হইতে শতকরা সংযুতি নির্ণয় : কোন যৌগের আণবিক সঙ্কেত জানা থাকিলে উহার আণবিক ওজন বাহির করা সম্ভব। সুতরাং যৌগটির এক গ্রাম অণুতে উপাদানগুলির পরিমাণ জানা যাইবে। আবার উপাদানগুলির পরিমাণ হইতে উহাদের শতকরা পরিমাণ গণনা করা সম্ভব। নিম্নের উদাহরণ হইতে ইহা আরও ভালভাবে বুঝা যাইবে।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. ধরা যাক, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) যৌগে পটাসিয়াম, ক্রোমিয়াম এবং অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে।

সমাধান : পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের আণবিক ওজন,

$$=(39\times2+52\times2+16\times7)=294{\cdot}0$$

$\therefore$ এক গ্রাম-অণু $K_2Cr_2O_7=294{\cdot}00$ গ্রাম $K_2Cr_2O_7$

$\therefore$ 294 গ্রাম $K_2Cr_2O_7$-এ K-এর পরিমাণ$=78$

$\therefore$ 100 " " " " $=\frac{78\times100}{294}$ গ্রাম

$=26{\cdot}53$ গ্রাম।

$\therefore$ K-এর পরিমাণ$=26{\cdot}53\%$

অনুরূপভাবে, Cr-এর পরিমাণ $=\frac{104\times100}{294}\%=53.37\%$

O-এর " $=\frac{112\times100}{294}\%=38.10\%$

উদাহরণ 2. ধরা যাক, লেড ফসফেটে উপাদান মৌলগুলির শতকরা সংযুতি নির্ণয় করিতে হইবে।

সমাধান : লেড ফসফেটের আণবিক সঙ্কেত $Pb_3(PO_4)_2$

লেড ফসফেটের আণবিক ওজন $=207\times3+31\times2+16\times8=811.00$

∴ এক গ্রাম-অণু লেড ফসফেট $=811.00$ গ্রাম লেড ফসফেট।

সুতরাং লেড ফসফেটে

Pb-এর পরিমাণ $=\frac{621\times100}{811}=76.57\%$

P " " $=\frac{62\times100}{811}=7.64\%$

O " " $=\frac{128\times100}{811}=15.78\%$

আণবিক সঙ্কেত (Molecular formula) : আমরা জানি, যৌগিক পদার্থের অণু মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগিক পদার্থের একটি অণুর সঙ্কেতে মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির সঠিক সংখ্যা ব্যবহার করিয়া যে-সঙ্কেত পাওয়া যায় তাহাকে **আণবিক সঙ্কেত** বলা হয়। পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি অণুতে এক পরমাণু হাইড্রোজেন এবং এক পরমাণু ক্লোরিন বর্তমান। অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত HCl। অনুরূপভাবে কপার সালফেট কেলাসের আণবিক সঙ্কেত $CuSO_4, 5H_2O$, অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত $MgCl_2$। ইথাইল অ্যালকোহলের আণবিক সঙ্কেত C_2H_6O। অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত $C_2H_4O_2$।

স্থূল সঙ্কেত বা সরলতম সঙ্কেত (Emperical formula)

যৌগের একটি অণুর সঙ্কেতে মৌলিক পরমাণুগুলির অনুপাত ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করা হইলে যৌগিক অণুর যে-সঙ্কেত পাওয়া যায় তাহাকে **স্থূল সঙ্কেত** বলা হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত H_2O_2। উহার স্থূল সঙ্কেত HO। মারকিউরাস ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত Hg_2Cl_2 উহার স্থূল সঙ্কেত HgCl। কিউপ্রাস আয়োডাইডের আণবিক সঙ্কেত Cu_2I_2 উহার স্থূল সঙ্কেত CuI। নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত N_2O_4। উহার স্থূল সঙ্কেত NO_2। অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত $C_2H_4O_2$। উহার স্থূল সঙ্কেত CH_2O। বেঞ্জিনের আণবিক সঙ্কেত C_6H_6। উহার স্থূল সঙ্কেত CH।

স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেতের সম্পর্ক : উপরে উল্লিখিত আণবিক সঙ্কেত এবং স্থূল সঙ্কেতের সংজ্ঞা হইতে ইহা পরিষ্কার যে, A এবং B দুইটি মৌল হইতে উদ্ভূত একটি যৌগের স্থূল সঙ্কেত A_aB_b হইলে উহার আণবিক

সঙ্কেত হইবে $(A_aB_b)_x$ যখন $x=1, 2, 3\cdots$ইত্যাদি। বুঝা যাইতেছে যে, $x=1$ হইলে স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেত অভিন্ন হইবে।

শতকরা সংযুতি হইতে স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়ঃ কোন যৌগে উপাদান মৌলগুলির ওজনের অনুপাত জানা থাকিলে যৌগটির একটি অণুতে উপাদান মৌলগুলির পরমাণুর ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যায় অনুপাত নির্ণয় করা সম্ভব। নিম্নে একটি উদাহরণ সাহায্যে ইহা আরও ভালভাবে বুঝানো হইল।

C এবং O-এর একটি যৌগকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল উহাতে 3 গ্রাম কার্বন এবং 8 গ্রাম অক্সিজেন বর্তমান।

যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় করিতে হইবে। যৌগটিতে C এবং O ওজনের অনুপাত=3 : 8।

আমরা জানি, 12 গ্রাম C=$6{\cdot}023\times10^{23}$ পরমাণু কার্বন

$$\therefore\ 3\ ,,\ ,,=\frac{6{\cdot}023\times10^{23}\times3}{12}\ ,,\ ,,$$

আবার 16 গ্রাম O=$6{\cdot}023\times10^{23}$ পরমাণু অক্সিজেন

$$\therefore\ 8\ ,,\ ,,=\frac{6{\cdot}023\times10^{23}\times8}{16}\ ,,\ ,,$$

∴ যৌগটিতে মৌলগুলির পরমাণুর অনুপাত

অর্থাৎ, $$C:O=\frac{6{\cdot}023\times10^{23}\times3}{12}:\frac{6{\cdot}023\times10^{23}\times8}{16}$$

$$=\tfrac{3}{12}:\tfrac{8}{16}=\tfrac{1}{4}:\tfrac{1}{2}=1:2$$

∴ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত CO_2

সুতরাং, উপাদান মৌলের ওজনগত অনুপাত জানা থাকিলে যে-কোন যৌগের স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় করা সম্ভব।

যদি কোন যৌগের শতকরা সংযুতি দেওয়া থাকে তাহা হইলে উপাদান মৌলগুলির ওজনগত অনুপাত পাওয়া যাইবে। ওজনগত অনুপাত নির্ণয় করিয়া যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় করা সম্ভব।

সুতরাং যৌগের শতকরা সংযুতি হইতে উহার স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় করিতে হইলে,

(1) মৌলগুলির শতকরা ওজনকে উহাদের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিতে হইবে। ইহার ফলে মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার আপেক্ষিক অনুপাত পাওয়া যাইবে।

(c) এই আপেক্ষিক অনুপাতের মধ্যে যে-সংখ্যাটি ক্ষুদ্রতম সেই সংখ্যা দিয়া প্রত্যেকটি সংখ্যাকে ভাগ করিলে মৌলগুলির পরমাণুর ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যার অনুপাত পাওয়া যাইবে।

(3) এতদ্সত্ত্বেও অনুপাতটিতে যদি ভগ্নাংশ থাকিয়া যায় তাহা হইলে উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ করিয়া ইহাকে ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে পরিণত করিতে হইবে।

(4) অতঃপর প্রাপ্ত অনুপাত অনুসারে সঙ্কেত লিখিলে যৌগটির স্থূল সঙ্কেত পাওয়া যাইবে।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. একটি যৌগের একটি নমুনার 6·30 গ্রাম কার্বন এবং 5·60 গ্রাম অক্সিজেন আছে। যৌগটির সরলতম বা স্থূল সঙ্কেত কি হইবে?

সমাধান : $C : O = \frac{6 \cdot 30}{12} : \frac{5 \cdot 60}{16}$ (পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিয়া)

$= 0 \cdot 525 : 0 \cdot 350$

$= 1 \cdot 5 : 1$ (ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়া ভাগ করিয়া)

দেখা যাইতেছে যে, অনুপাতটিতে ভগ্নাংশ আছে।

∴ সরলতম সঙ্কেত $= C_3O_2$ (2 দ্বারা গুণ করিয়া)

উদাহরণ 2. ফসফরাসের একটি অক্সাইডে 43·6% P এবং 56·4% O আছে। অক্সাইডটির স্থূল সঙ্কেত বাহির কর।

সমাধান : অক্সাইডটিতে P : O

$= \frac{43 \cdot 6}{31} : \frac{56 \cdot 4}{16}$ (পারমাণবিক ওজনদ্বারা ভাগ করিয়া)

$= 1 \cdot 41 : 3 \cdot 53$

$= 1 : 2 \cdot 5$ [ক্ষুদ্রতম সংখ্যার দ্বারা ভাগ করিয়া]

$= 2 : 5$ [2 দ্বারা গুণ করিয়া]

∴ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত $= P_2O_5$

উদাহরণ 3. একটি লবণের শতকরা সংযুতি নিয়ে দেওয়া হইল। উহার স্থূল সঙ্কেত বাহির কর।

$Al = 10 \cdot 5\%$; $K = 15 \cdot 1\%$; $S = 24 \cdot 8\%$; $O = 49 \cdot 6\%$

সমাধান : $Al : K : S : O = \frac{10 \cdot 5}{27} : \frac{15 \cdot 1}{39} : \frac{24 \cdot 8}{32} : \frac{44 \cdot 6}{16}$

$= 0 \cdot 39 : 0 \cdot 39 : 0 \cdot 78 : 3 \cdot 10$ [পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিয়া]

$= 1 : 1 : 2 : 8$ [ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া]

∴ স্থূল সঙ্কেত বা সরলতম সঙ্কেত $AlKS_2O_8$

স্থূল সঙ্কেত হইতে আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় : পূর্বে উল্লিখিত স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেতের সম্পর্ক হইতে বুঝা যাইতেছে যে, কোন যৌগের আণবিক ওজন জানা থাকিলে স্থূল সঙ্কেত হইতে যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা যায়। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, A এবং B-এর একটি যৌগের স্থূল সঙ্কেত A_aB_b হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত হইবে $(A_aB_b)_x$ যখন $x = 1, 2, 3$ ...ইত্যাদি।

সুতরাং, স্থূল সঙ্কেতে নির্দেশিত মৌলগুলির পরমাণুর সংখ্যার ভিত্তিতে উহাদের পারমাণবিক ওজনের যোগফলকে x দ্বারা গুণ করিলে যে-মান পাওয়া যাইবে তাহা যৌগটির আণবিক ওজনের সমান হইবে। আণবিক ওজন জানা থাকিলে x-এর মান পাওয়া যাইবে এবং আণবিক সঙ্কেত নির্ধারণ করা সম্ভব হইবে। কয়েকটি উদাহরণ দেখিলেই ইহা আরও স্পষ্ট হইবে।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. একটি যৌগের শতকরা সংযুতি নিম্নে দেওয়া হইল। যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 190। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

$P=32{\cdot}63\%$, $O=16{\cdot}82\%$, $S=50{\cdot}55\%$ [Delhi, 1956]

সমাধান : যৌগটিতে $P : O : S=\frac{32{\cdot}63}{31} : \frac{16{\cdot}82}{16} : \frac{50{\cdot}55}{32}$

$=1{\cdot}05 : 1{\cdot}05 : 1{\cdot}58=1 : 1 : 1{\cdot}5=2 : 2 : 3$

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত $P_2O_2S_3$

এবং " আণবিক সঙ্কেত $(P_2O_2S_3)_x$

যৌগটির আণবিক ওজন $=190\times2=380$

$\therefore (62+32+96)x=380$

বা, $190x=380$ $\therefore x=2$

সুতরাং, যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $P_4O_4S_6$

উদাহরণ 2. কপারের একটি ক্লোরাইডে 35·9% ক্লোরিন বর্তমান। 27°C এবং 760 মিমি. চাপে 1·1 লিটার বাষ্পের ওজন 8·84 গ্রাম। ক্লোরাইডটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান : $Cl=35{\cdot}9\%$ $Cu=(100-35{\cdot}9)=64{\cdot}1\%$

$\therefore$ যৌগটিতে $Cu : Cl=\frac{64{\cdot}1}{63{\cdot}5} : \frac{35{\cdot}9}{35{\cdot}5}$

$=1{\cdot}0094 : 1{\cdot}0113=1 : 1$

$\therefore$ ইহার স্থূল সঙ্কেত CuCl

" আণবিক সঙ্কেত $(CuCl)_x$

ধরা যাক, যৌগটির 1·1 লিটার বাষ্পের আয়তন N. T. P.-তে V লিটার

$$\therefore \frac{V\times760}{273}=\frac{1{\cdot}1\times760}{300}$$

$\therefore V=1$ লিটার

$\therefore$ N. T. P.-তে ক্লোরাইডটির 1 লিটারে ওজন 8·84 গ্রাম

$\therefore$ " " 22·4 " " $8{\cdot}84\times22{\cdot}4$ গ্রাম $=198$ গ্রাম

ক্লোরাইডটির আণবিক ওজন $=198$

প্রশ্নানুসারে, $99x=198$ $\therefore$ $x=2$

$\therefore$ ক্লোরাইডটির আণবিক সঙ্কেত Cu_2Cl_2

উদাহরণ 3. হাইড্রোজেনের সঙ্গে কার্বনের বিক্রিয়ায় তিনটি যৌগ X, Y, Z উৎপন্ন হয়। X, Y এবং Z-এর মধ্যে যথাক্রমে 25%, 14·3% এবং 7·7% হাইড্রোজেন বর্তমান। যৌগ তিনটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1973]

সমাধান : (1) যৌগ X

$$C=75\%,\ H=25\%$$

$$C : H=\tfrac{75}{12} : \tfrac{25}{1}=6{\cdot}25 : 25=1 : 4$$

$\therefore$ X-এর স্থূল সঙ্কেত CH_4

(2) যৌগ Y

$$C=85{\cdot}7\%,\ \ H=14{\cdot}3\%$$

$$C : H=\frac{85{\cdot}7}{12} : \frac{14{\cdot}3}{1}=7{\cdot}14 : 14{\cdot}3=1 : 2$$

$\therefore$ Y-এর স্থূল সঙ্কেত CH_2

(3) যৌগ Z

$$C=92{\cdot}3\%,\ \ H=7{\cdot}7\%$$

$$C : H=\frac{93{\cdot}3}{12} : \frac{7{\cdot}7}{1}=7{\cdot}69 : 7{\cdot}7=1 : 1$$

$\therefore$ Z-এর স্থূল সঙ্কেত CH

উদাহরণ 4. কার্বন, হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত একটি যৌগে C, H এবং N-এর ওজনগত অনুপাত 9 : 1 : 3·5। যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। যৌগটির আণবিক ওজন 108 হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? [I. I. T. 1973]

সমাধান : যৌগটিতে $C : H : N=\frac{9}{12} : \frac{1}{1} : \frac{3{\cdot}5}{14}$

$$=0{\cdot}75 : 1 : 0{\cdot}25=3 : 4 : 1$$

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত C_3H_4N

এবং „ আণবিক „ $=(C_3H_4N)_x$

প্রশ্নানুসারে, $(3\times12+4+14)x=108$ বা, $54x=108$ $\therefore$ $x=2$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_6H_8N_2$

উদাহরণ 5. C এবং O আছে এমন একটি যৌগের আনুমানিক আণবিক ওজন 290। যৌগটিতে প্রত্যেকটি মৌলে 50% করিয়া থাকিলে যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1970]

সমাধান : যৌগটিতে $C : O=\tfrac{50}{12} : \tfrac{50}{16}=4{\cdot}17 : 3{\cdot}12$

$$=1{\cdot}34 : 1=4 : 3$$

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত$=C_4O_3$ এবং যৌগটির আণবিক সঙ্কেত$=(C_4O_3)_x$

প্রশ্নানুসারে, $(12\times4+16\times3)x=290$ বা, $96x=290$

$\therefore\ x=\frac{290}{96}=3{\cdot}02\ =3$ ($\because$ x-ভগ্নাংশ হইতে পারে না)

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত$=C_{12}O_9$

উদাহরণ 6. একটি হাইড্রোকার্বনে প্রতি 1 গ্রাম হাইড্রোজেনে 10·5 গ্রাম কার্বন বর্তমান। 127°C এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 1 লিটার হাইড্রোকার্বন বাষ্পের ওজন 2·8 গ্রাম। ইহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1980]

সমাধান : ধরা যাক, প্রদত্ত 1 লিটার হাইড্রোকার্বন বাষ্পের আয়তন N. T. P.-তে V লিটার।

$$\therefore\ \frac{V\times1}{273}=\frac{1\times1}{400}\quad\therefore\ V=\frac{273}{400}\ \text{লিটার}=0{\cdot}6825\ \text{লিটার}$$

N. T. P.-তে 0·6825 লিটার-এর ওজন 2·8 গ্রাম

$$\therefore\quad ,,\quad 22{\cdot}4\quad ,,\ ,,\ ,,\ \frac{2{\cdot}8\times22{\cdot}4}{0{\cdot}6825}\ \text{গ্রাম}=91{\cdot}9\ \text{গ্রাম}$$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক ওজন$=91{\cdot}9$

হাইড্রোকার্বন যৌগটিতে $C:H=\frac{10{\cdot}5}{12}:\frac{1}{1}=10{\cdot}5:12=7:8$

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত$=C_7H_8$ এবং যৌগটির আণবিক সঙ্কেত$=(C_7H_8)_x$

প্রশ্নানুসারে, $x(7\times12+8\times1)=91{\cdot}9$

বা, $92x=91{\cdot}9$ $\therefore\ x=1$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত$=C_7H_8$

উদাহরণ 7. একটি ধাতু M-এর পারমাণবিক ওজন 56। ইহার একটি অক্সাইডে M-এর পরিমাণ 70·00%। অক্সাইডটির স্থূল সঙ্কেত কি হইবে?

[I. I. T. 1963]

সমাধান : অক্সাইডে ধাতু M-এর পরিমাণ$=70{\cdot}00\%$

$\therefore$ O ,, ,, $=30{\cdot}00\%$

$\therefore$ অক্সাইডে $M:O=\frac{70}{56}:\frac{30}{16}=1{\cdot}25:1{\cdot}875$

$=1:1{\cdot}5=2:3$

$\therefore$ ধাতুটির অক্সাইডের স্থূল সঙ্কেত M_2O_3

উদাহরণ 8. নিম্নলিখিত শতকরা সংযুতি হইতে যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর : $Mg=9{\cdot}76\%$, $S=13{\cdot}01\%$, $O=26{\cdot}01\%$, $H_2O=51{\cdot}22\%$

সমাধান : যৌগটিতে $Mg:S:O:H_2O$

$$=\frac{9{\cdot}76}{24}:\frac{13{\cdot}01}{32}:\frac{26{\cdot}01}{16}:\frac{51{\cdot}22}{18}=0{\cdot}41:0{\cdot}41:1{\cdot}62:2{\cdot}84$$

$=1:1:3{\cdot}95:6{\cdot}93=1:1:4:7$

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত $MgSO_4, 7H_2O$

উদাহরণ 9. সালফার ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে এক পরমাণু সালফার এবং দুই পরমাণু অক্সিজেন আছে। যৌগটিতে সালফারের ওজনগত পরিমাণ 50%। সালফার এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর। [H. S. 1979]

সমাধান ঃ ধরা যাক, সালফার এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে x এবং y

$\therefore$ যৌগটিতে $S : O = \frac{50}{x} : \frac{50}{y} = 1 : 2$

$$\therefore \frac{y}{x} = \frac{1}{2} \text{ বা, } \frac{x}{y} = \frac{2}{1}$$

$\therefore$ সালফার এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনের অনুপাত $= 2 : 1$

উদাহরণ 10. একটি যৌগে 37·8% কার্বন, 6·3% হাইড্রোজেন এবং 55·9% ক্লোরিন বর্তমান। যৌগটির 0·638 গ্রামকে বাষ্পীভূত করিলে 100°C উষ্ণতা এবং সাধারণ চাপে উহার আয়তন হয় 154 মিলি.। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। উহার আণবিক ওজন কত? (Cl = 35·5) [H. S. 1979]

সমাধান ঃ যৌগটিতে $C : H : Cl = \frac{37 \cdot 8}{12} : \frac{6 \cdot 3}{1} : \frac{55 \cdot 9}{35 \cdot 5}$

$$3 \cdot 15 : 6 \cdot 3 : 1 \cdot 52 = 2 : 4 : 1$$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $(C_2H_4Cl)_x$

154 মিলি. বাষ্পের আয়তন N.T.P.-তে V মিলি. হইলে

$\frac{V \times 760}{273} = \frac{154 \times 760}{373}$ বা, $V = 112 \cdot 5$ মিলি.

$\therefore$ N.T.P.-তে 112·5 মিলি. বাষ্পের ওজন = 0·638 গ্রাম

$\therefore$ „ 22400 „ „ „ $\frac{0 \cdot 638 \times 22400}{112 \cdot 5} = 127$ গ্রাম

$\therefore$ যৌগটির আণবিক ওজন = 127

প্রশ্নানুসারে, $(24 + 4 + 35 \cdot 5) \times x = 127 \quad \therefore \quad x = 2$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_4H_8Cl_2$

উদাহরণ 11. একটি এক ক্ষারীয় অম্লে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বর্তমান। এই অম্লে ওজন অনুপাতে শতকরা 22·22 ভাগ নাইট্রোজেন এবং 1·59 ভাগ হাইড্রোজেন আছে। অম্লটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [H. S. 1984]

সমাধান ঃ অম্লটিতে $H : N : O = \frac{1 \cdot 59}{1} : \frac{22 \cdot 22}{14} : \frac{76 \cdot 19}{16}$

$$= 1 \cdot 59 : 1 \cdot 59 : 4 \cdot 76 = 1 : 1 : 3$$

$\therefore$ অম্লটির আণবিক সঙ্কেত $(HNO_3)_x$

যেহেতু অম্লটির একক্ষারীয় সুতরাং অম্লটির একটি অণুতে একটি প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিবে। সুতরাং $x=1$ ∴ অম্লটির আণবিক সঙ্কেত HNO_3

উদাহরণ 12. (a) একটি যৌগের অণুতে দুই পরমাণু নাইট্রোজেন বর্তমান এবং উহাতে 30·43% নাইট্রোজেন আছে। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব কত?

(b) 0·05 মোল ওজোন (Ozone) গ্যাসে কতগুলি পরমাণু বর্তমান?

[H. S. 1985]

সমাধান : যৌগটির অণুতে দুই পরমাণু নাইট্রোজেন আছে। সুতরাং, যৌগটির এক গ্রাম-অণুতে 28 গ্রাম নাইট্রোজেন থাকিবে।

30·43 গ্রাম নাইট্রোজেন থাকে 100 গ্রাম যৌগে

∴ 28 গ্রাম নাইট্রোজেন থাকিবে $\frac{100\times 28}{30{\cdot}43}$ গ্রামে

বা 92 গ্রাম যৌগে = 1 গ্রাম অণু যৌগে

∴ যৌগটির আণবিক ওজন = 92

(b) 1 মোল ওজোন $=6{\cdot}025\times 10^{23}$ অণু ওজোন $\equiv 3\times 6{\cdot}023\times 10^{23}$ পরমাণু

[ওজোন ত্রিপরমাণুক]

∴ 0·05 মোল ওজোন $\equiv 0{\cdot}05\times 3\times 6{\cdot}023\times 10^{23}$ পরমাণু

$\equiv 9\times 10^{23}$ পরমাণু।

উদাহরণ 13. কোন যৌগে C=40%, H=6·67% এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন আছে। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 180। ইহার আণবিক সঙ্কেতটি কি?

[Tripura H. S. 1982]

সমাধান : যৌগটিতে $C:H:O=\frac{40}{12}:\frac{6{\cdot}67}{1}:\frac{53{\cdot}33}{16}$

$=3{\cdot}33 : 6{\cdot}67 : 3{\cdot}33 = 1 : 2 : 1$

∴ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত CH_2O এবং আণবিক সঙ্কেত $(CH_2O)_x$।

যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 180। ∴ $(12+2+16)\times x=180$

বা, $30x=180$ ∴ $x=6$

∴ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_6H_{12}O_6$

উদাহরণ 14. কোন যৌগে Na=14·30%, S=9·97%, O=69·47% এবং H=6·25%। যদি যৌগটিতে সমস্ত হাইড্রোজেন কেলাস জলরূপে বিদ্যমান থাকে তবে যৌগটির সম্ভাব্য আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? [Tripura H. S. 1985]

সমাধান : যৌগটিতে $Na : S : O : H=\frac{14{\cdot}30}{23}\ \frac{9{\cdot}97}{32}:\frac{69{\cdot}47}{16}:\frac{6{\cdot}25}{1}$

$=0{\cdot}62 : 0{\cdot}31 : 4{\cdot}3 : 6{\cdot}25 = 2 : 1 : 14 : 20$

∴ যৌগটির সম্ভাব্য আণবিক সঙ্কেত $Na_2SO_{14}H_{20}$

কেলাস জল পৃথক করিয়া লিখিলে সম্ভাব্য সঙ্কেতটি Na_2SO_4, $10H_2O$ হইবে।

উদাহরণ 15. একটি যৌগে ওজনগতভাবে 28% N_2 এবং 72% ধাতু আছে। যৌগটির একটি অণুতে 3 পরমাণু ধাতু এবং 2 পরমাণু N বর্তমান। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. 1980]

সমাধান : ধাতুটির প্রতীক M হইলে যৌগটির আণবিক সঙ্কেত M_3N_2। ধরা যাক, ধাতুটির পারমাণবিক ওজন x

$$\text{যৌগটিতে } M : N = \frac{72}{x} : \frac{28}{14} = \frac{72}{x} : 2$$

$$\text{প্রশ্নানুসারে, } \frac{72}{x} = 3 \quad \therefore \quad x = 24$$

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 24

রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে রাসায়নিক গণনা

A. রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে ওজন সংক্রান্ত গণনা

এই প্রকার গণনা কালে কয়েকটি বিষয় আমাদের মনে রাখিতে হইবে। বিষয়গুলি নিম্নে দেওয়া হইল :

(i) রাসায়নিক সমীকরণটি সঠিক এবং সম্পূর্ণভাবে লিখিতে হইবে।

(ii) সমীকরণে অবস্থানকারী প্রত্যেকটি মৌলের পারমাণবিক ওজনগুলি সাধারণত অঙ্কের সঙ্গে বন্ধনীর মধ্যে দেওয়া থাকে।

(iii) সমীকরণে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের পারমাণবিক অথবা আণবিক ওজন উহাদের সঙ্কেতের নীচে লিখিতে হইবে।

(iv) সমীকরণ হইতে প্রাপ্ত তথ্য এবং গণনার জন্য প্রদত্ত তথ্য হইতে নির্ণেয় উত্তর বাহির করিতে হইবে।

(v) প্রত্যেকটি গণনার ক্ষেত্রে একই একক ব্যবহার করিতে হইবে।

(vi) কতকগুলি সাধারণ মৌলে পারমাণবিক গুরুত্ব স্মরণ রাখিতে হইবে। যেমন, O, S, Cl, H ইত্যাদি।

(vii) যে-কোন গ্যাসের গ্রাম আণবিক আয়তন N. T. P.-তে 22·4 লিটার।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

(a) জ্ঞাত ওজন হইতে অজ্ঞাত ওজন নির্ণয় (ওজন-ওজন বিষয়ক গণনা) :

উদাহরণ 1. কপার সালফেট বেরিয়াম ক্লোরাইডের বিক্রিয়া সমীকরণ দ্বারা নিম্নে প্রকাশ করা হইল :

$$\underset{\substack{63\cdot5+32+64\\=159\cdot5}}{CuSO_4} + BaCl_2 = \underset{\substack{137+32+64\\=233}}{BaSO_4} + CuCl_2$$

কপার সালফেটের 100 c.c. দ্রবণে অতিরিক্ত বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিবার পর বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত পড়িল। সংগ্রহ করিয়া শুষ্ক করার পর অধঃক্ষেপের ওজন দেখা গেল 2·24 গ্রাম। কপার সালফেট দ্রবণের 1 লিটারে কত গ্রাম কপার সালফেট বর্তমান ? (Cu=63·5, S=32, O=16, Ba=137)

সমাধান : সমীকরণ হইতে পাই,

∴ 233 গ্রাম $BaSO_4$ পাওয়া যায় 159·5 গ্রাম $CuSO_4$ হইতে

∴ 2·24 " " " $\frac{159{\cdot}5 \times 2{\cdot}24}{233}$

বা, 1·53 গ্রাম $CuSO_4$ হইতে

∴ 1·53 গ্রাম $CuSO_4$ 100 c.c. $CuSO_4$ দ্রবণে আছে।

∴ 1000 c.c. বা 1 লিটার $CuSO_4$ দ্রবণে $CuSO_4$-এর পরিমাণ

=15·3 গ্রাম

উদাহরণ 2. 10 গ্রাম $KClO_3$-কে উত্তপ্ত করিলে (a) কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং (b) কত গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ? (K=39, Cl=35·5)

সমাধান : বিক্রিয়াটির সমীকরণ হইল

$$2\,KClO_3 = 2\,KCl + 3O_2$$

$$2\,(39+35{\cdot}5+48) \quad = 2\,(39+35{\cdot}5) \quad 3 \times 32$$

∴ 2 × 122·5 গ্রাম $KClO_3$ হইতে 2 × 74·5 গ্রাম KCl এবং 3 × 32 গ্রাম O_2 পাওয়া যায়

∴ 10 " " " $\frac{2 \times 74{\cdot}5 \times 10}{2 \times 122{\cdot}5}$ গ্রা. বা, 6·08 গ্রা. KCl

এবং $\frac{96 \times 10}{245}$ গ্রা. বা, 3·92 গ্রাম O_2 পাওয়া যায়

উদাহরণ 3. 10 গ্রাম সিলভার নাইট্রেটের একটি জলীয় দ্রবণের সহিত 10 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি জলীয় দ্রবণ যোগ করার পর কত গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইবে ?

সমাধান : $AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$

$AgNO_3$	$NaCl$	$AgCl$	$NaNO_3$
108+14+(3×16)	23+35·5	108+35·5	23+14+(3×16)
=170	=58·5	=143·5	=85

∴ 58·5 গ্রাম NaCl-এর জন্য 170 গ্রাম $AgNO_3$ দরকার

∴ 10 " " " $\frac{170 \times 10}{58{\cdot}5}$ গ্রাম বা 29·06 গ্রাম $AgNO_3$ দরকার। কিন্তু দ্রবণে মাত্র 10 গ্রাম $AgNO_3$ বর্তমান। সুতরাং 10 গ্রাম NaCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিবার মত যথেষ্ট $AgNO_3$ দ্রবণে নাই।

অপরপক্ষে, 10 গ্রাম $AgNO_3$-এর জন্য প্রয়োজন $\frac{58{\cdot}5 \times 10}{170}$ গ্রাম NaCl

বা 3·44 গ্রাম NaCl। সুতরাং 10 গ্রাম $AgNO_3$-কে AgCl-এ পরিণত করিতে প্রয়োজনের অতিরিক্ত NaCl আছে।

∴ 170 গ্রাম $AgNO_3$ হইতে 143·5 গ্রাম AgCl পাওয়া যায়

∴ 10 গ্রাম $AgNO_3$ হইতে $\frac{143 \cdot 5 \times 10}{170}$ গ্রাম বা, 8·44 গ্রাম AgCl পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ 4. পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের শতকরা সংযুক্তি বাহির কর। ইহার সঙ্কেত $K_4Fe(CN)_6$ (K=39, Fe=56, C=12 N=14)

সমাধান: ইহার আণবিক ওজন$=4 \times 39+56+6 \times 12+6 \times 14=368$

∴ 368 গ্রাম $K_4Fe\,(CN)_6$-এ K-এর পরিমাণ=156 গ্রাম

∴ 100 „ „ „ „ $=\frac{156 \times 100}{368}=42 \cdot 4$ গ্রাম

অনুরূপভাবে, আয়রনের শতকরা ভাগ$=\frac{56 \times 100}{368}=15 \cdot 2$

কার্বনের „ „ $=\frac{72 \times 100}{368}=19 \cdot 6$

নাইট্রোজেনের „ „ $=\frac{84 \times 100}{368}=22 \cdot 8$

উদাহরণ 5. জিঙ্ক সালফেট কেলাসের শতকরা সংযুক্তি বাহির কর। ইহার আণবিক সঙ্কেত $ZnSO_4, 7H_2O$ (Zn=65, S=32, O=16, H=1)

সমাধান: ইহার আণবিক ওজন$=65+32+64+(7 \times 18)=287$

∴ ইহাতে Zn-এর শতকরা পরিমাণ$=\frac{65 \times 100}{287}=22 \cdot 65$

S „ „ „ $=\frac{32 \times 100}{287}=11 \cdot 15$

O „ „ „ $=\frac{64 \times 100}{287}=22 \cdot 30$

এবং কেলাস জলের „ „ $=\frac{126 \times 100}{287}=43 \cdot 90$

দ্রষ্টব্য: সোদক কেলাসের ক্ষেত্রে ইহার কেলাস জলের শতকরা পরিমাণ আলাদাভাবে দেখানই নিয়ম।

উদাহরণ 6. 50% $CaCO_3$ আছে এমন লাইমস্টোনের 1000 গ্রামকে উত্তপ্ত করিলে কত গ্রাম শুষ্ক চুন (CaO) পাওয়া যাইবে? (Ca=40)

সমাধান: $CaCO_3 = CaO + CO_2$

$$\underset{=100}{40+12+48} \qquad \underset{=56}{40+16}$$

100 গ্রাম লাইমস্টোনে 50 গ্রাম $CaCO_3$ বর্তমান

∴ 1000 „ „ 500 „ „ „

100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে 56 গ্রাম CaO পাওয়া যায়

∴ 500 „ „ „ $\frac{56 \times 500}{100}$ গ্রাম বা 280 গ্রাম CaO পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ 7. 500 গ্রাম বায়ু হইতে অক্সিজেন দূরীভূত করিতে কত গ্রাম ফসফরাস দহন করিতে হইবে? বায়ুতে অক্সিজেনের ওজনগত পরিমাণ 23%? (P=31) [C. U. 1900]

সমাধান : 100 গ্রাম বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ 23 গ্রাম

∴ 500 „ „ „ „ 23×5 বা 115 গ্রাম

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

$4\times31 = 124$ $5\times32 = 160$

160 গ্রাম অক্সিজেনের জন্য 124 গ্রাম P দরকার

∴ 115 „ „ „ $\frac{124\times115}{160}$ গ্রাম বা 89·125 গ্রাম P দরকার।

উদাহরণ 8. আয়রনের একটি আকরিকে 25% Fe_2O_3 আছে। এই আকরিকের 10 টন হইতে কত আয়রন পাওয়া যাইবে? [All. 1903]

সমাধান : 10 টন আকরিকে Fe_2O_3 আছে $\frac{25\times10}{100}$ টন=2·5 টন

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

$2\times56+3\times16 = 160$ $2\times56 = 112$

160 টন Fe_2O_3 হইতে 112 টন আয়রন পাওয়া যায়

∴ 2·5 „ „ „ $\frac{112\times2\cdot5}{160}$ টন বা, 1·75 টন আয়রন পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ 9. 50 গ্রাম শুষ্ক সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যাইবে? [Patna, 1922]

সমাধান : $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

$2(23+1+12+48) = 168$ $(2\times23)+12+48 = 106$

∴ 168 গ্রাম $NaHCO_3$ হইতে 106 গ্রাম Na_2CO_3 পাওয়া যায়

∴ 60 „ „ „ $\frac{106\times60}{168}$ „ বা 31·5 গ্রা. „ „

উদাহরণ 10. কিউপ্রাস অক্সাইড এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের একটি মিশ্রণে শতকরা 88 ভাগ কপার বর্তমান। কপারের পারমাণবিক ওজন 64 হইলে মিশ্রণটিতে যৌগ দুইটির শতকরা পরিমাণ বাহির কর। [Nag. 1932]

সমাধান : ধরা যাক, 100 গ্রাম মিশ্রণে x গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইড বর্তমান। সুতরাং কিউপ্রাস অক্সাইডের পরিমাণ $(100-x)$ গ্রাম।

$$CuO + C = Cu + CO$$

$64+16 = 80$ 64

∴ 80 গ্রাম CuO হইতে 64 গ্রাম Cu পাওয়া যায়

∴ x „ „ „ $\frac{64x}{80}$ „ বা $\frac{4x}{5}$ „ „

আবার,
$$Cu_2O + C = 2Cu + CO$$

$2\times64+16 = 144$ $2\times64 = 128$

144 গ্রাম Cu_2O হইতে 128 গ্রাম Cu পাওয়া যায়।

$$\therefore (100-x) \quad " \quad " \quad " \quad \frac{128(100-x)}{144} \quad " \quad "$$

$$\text{বা,} \quad \frac{8(100-x)}{9} \text{ Cu পাওয়া যায়}$$

$$\therefore \quad \frac{4x}{5}+\frac{8(100-x)}{9}=88 \quad \text{বা,} \quad x=10$$

∴ CuO-এর শতকরা পরিমাণ=10 এবং Cu_2O-এর শতকরা পরিমাণ=90

উদাহরণ 11. অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণের 1 লিটারে 15·8 গ্রাম $KMnO_4$ আছে। ইহার মধ্যে পর্যাপ্ত পরিমাণ SO_2 পাঠাইয়া ইহাকে বর্ণহীন করা হইল। এই SO_2 আয়রন পাইরাইটিসকে (FeS_2) দহন করিয়া উৎপন্ন করা হইলে ঠিক প্রয়োজন মত SO_2-এর জন্য কত পরিমাণ আয়রণ পাইরাইটিস দহন করিতে হইবে ? (K=39, Mn=55, S=32, Fe=56, O=16) [I. I. T. 1974]

সমাধান ঃ

(1) $2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$

(2) $4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$

সমীকরণ হইতে পাই,

2 মোল $KMnO_4$ বিক্রিয়া করে 5 মোল SO_2-এর সঙ্গে এবং 4 মোল FeS_2 হইতে 8 মোল SO_2 পাওয়া যায়।

$KMnO_4$ আণবিক ওজন=158

দ্রবণে $KMnO_4$ পরিমাণ $\frac{15.8}{158}=0.1$ মোল

2 মোল $KMnO_4$ বিক্রিয়া করে 5 মোল SO_2-এর সঙ্গে

$$\therefore \quad 0.1 \quad " \quad " \quad " \quad \frac{5\times0.1}{2} \text{ মোল}$$

বা 0·25 মোল SO_2-এর সঙ্গে

আবার, 8 মোল SO_2 পাওয়া যায় 4 মোল FeS_2 হইতে

$$\therefore \quad 0.25 \quad " \quad " \quad " \quad " \quad \frac{4\times0.25}{8} \text{ মোল}$$

বা, 0·125 মোল FeS_2 হইতে

FeS_2-এর আণবিক ওজন=56+64=120

∴ প্রয়োজনীয় FeS_2-এর পরিমাণ=0·125×120 গ্রাম=15·00 গ্রাম

উদাহরণ 12. FeO এবং Fe_3O_4-এর একটি মিশ্রণকে বায়ুর উপস্থিতি উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল মিশ্রণটির ওজন 5% বৃদ্ধি পাইয়াছে। মিশ্রণের সংযুতি নির্ণয় কর। (Fe=55·8, O=16) [I. I. T. 1978]

সমাধান ঃ Fe_3O_4 একটি যুগ্ম অক্সাইড। ইহাতে FeO এবং Fe_2O_3

বর্তমান। সুতরাং Fe_3O_4-এর কেবলমাত্র FeO অংশের বায়ু অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া Fe_2O_3 উৎপন্ন করিবে। বিক্রিয়গুলি নিয়ে দেওয়া হইল :

$$(1)\quad \underset{143\cdot6}{2FeO}+\tfrac{1}{2}O_2=\underset{159\cdot6}{Fe_2O_3}$$

$$(2)\quad \underset{642\cdot8}{2Fe_3O_4}+\tfrac{1}{2}O_2=\underset{478\cdot8}{3Fe_2O_3}$$

ধরা যাক, মিশ্রণের 100 গ্রামে FeO-এর পরিমাণ x গ্রাম

$\therefore$ Fe_3O_4-এর পরিমাণ $(100-x)$ গ্রাম

প্রথম সমীকরণ হইতে পাই,

x গ্রাম FeO হইতে উৎপন্ন Fe_2O_3-এর পরিমাণ$=\frac{159\cdot6\times x}{143\cdot6}$ গ্রাম

$=1\cdot1114x$ গ্রাম

দ্বিতীয় সমীকরণ হইতে পাই,

$(100-x)$ গ্রাম Fe_3O_4 হইতে উৎপন্ন Fe_2O_3-এর পরিমাণ

$=\frac{478\cdot8}{462\cdot8}\times(100-x)$ গ্রাম$=1\cdot0346(100-x)$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $1\cdot1114x+103\cdot46-1\cdot0346x=105$

বা, $0\cdot0768x=1\cdot54$ $\quad\therefore\quad x=\frac{1\cdot54}{0\cdot0768}=20$

$\therefore$ FeO-এর শতকরা পরিমাণ$=20$

এবং Fe_3O_4-এর " " $=80$

উদাহরণ 13. MnO_2-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে Mn_3O_4 হয়। পাইরোলুসাইট Mn-এর একটি আকরিক এবং ইহাতে $MnO_2=80\%$, SiO_2 এবং অন্যান্য অশুদ্ধি$=15\%$, $H_2O=5\%$। এই আকরিককে স্থির ওজন পাওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হইল। উত্তপ্ত করিবার পর অবশিষ্ট আকরিকে Mn-এর শতকরা পরিমাণ কত? (Mn=55, O=16) [I. I. T. 1978)

সমাধান : $\underset{261}{3MnO_2}=\underset{229}{Mn_3O_4}+O_2$

ধরা যাক, আকরিকের মোট পরিমাণ 100 গ্রাম

$\therefore$ 80 গ্রাম MnO_2 হইতে উৎপন্ন Mn_3O_4-এর পরিমাণ$=\frac{229\times80}{261}$ গ্রাম

$=70\cdot19$ গ্রাম

SiO_2 এবং অন্যান্য অশুদ্ধির পরিমাণ$=15$ গ্রাম

মোট অবশেষ$=70\cdot19+15=85\cdot19$ গ্রাম।

$\therefore$ মোট অবশেষে Mn_3O -এর শতকরা পরিমাণ

$=\frac{70\cdot19\times100}{85\cdot19}=82\cdot3923$

আবার 229 গ্রাম Mn_3O_4-এ Mn-এর পরিমাণ 165 গ্রাম

$\therefore$ দগ্ধ অবশেষের 100 গ্রামে Mn-এর পরিমাণ

$$=\frac{165\times 82\cdot3923}{229}=59\cdot36 \text{ গ্রাম}$$

উদাহরণ 14. ফেলস্পার আকরিকের 0·5 গ্রাম লইয়া উহার মধ্যস্থিত সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম অক্সাইডকে উহাদের ক্লোরাইডে পরিণত করা হইল। উৎপন্ন ক্লোরাইডের ওজন 0·1180 গ্রাম। উৎপন্ন ক্লোরাইড সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 0·2451 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। প্রদত্ত আকরিকে Na_2O এবং K_2O-এর শতকরা ভাগ নির্ণয় কর (Na=23, K=39, Ag=108, N=14, Cl=35·5) [I. I. T. 1979]

সমাধান : $Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O$ ......(1)
62 117

$K_2O+2HCl=2KCl+H_2O$ ......(2)
94 149

$NaCl+AgNO_3=AgCl+NaNO_3$ ......(3)
58·5 143·5

$KCl+AgNO_3=AgCl+KNO_3$ ......(4)
74·5 143·5

ধরা যাক, ক্লোরাইডের মিশ্রণে NaCl-এর পরিমাণ x গ্রাম।

$\therefore$ KCl-এর পরিমাণ $(0\cdot1180-x)$ গ্রাম।

x গ্রাম NaCl হইতে প্রাপ্ত AgCl-এর পরিমাণ $=\frac{143\cdot5\times x}{585}$ গ্রাম

$(0\cdot1180-x)$ গ্রাম KCl হইতে প্রাপ্ত AgCl-এর পরিমাণ

$$=\frac{143\cdot5(0\cdot180-x)}{74\cdot5} \text{ গ্রাম}$$

প্রশ্নানুসারে, $\frac{143\cdot5x}{58\cdot5}+\frac{143\cdot5(0\cdot1180-x)}{74\cdot5}=0\cdot2451$

$\therefore\ x=0\cdot0342$ গ্রাম

$\therefore$ NaCl-এর পরিমাণ $=0\cdot0342$ গ্রাম

এবং KCl-এর " $=0\cdot0838$ গ্রাম

(1) সমীকরণ হইতে,

0·0342 গ্রাম NaCl পাওয়া যাইবে $\frac{62\times 0\cdot0342}{117}$ গ্রাম Na_2O

বা, 0·0181 গ্রাম Na_2O হইতে।

(2) সমীকরণ হইতে,

0·0838 KCl পাওয়া যাইবে $\frac{94\times 0\cdot0838}{149}$ গ্রাম K_2O হইতে

বা, 0·0529 গ্রাম K_2O হইতে

$\therefore$ ফেলস্পারে Na_2O-এর শতকরা ভাগ $\frac{0{\cdot}0181\times100}{0{\cdot}5}=3{\cdot}62$

K_2O-এর " " $\frac{0{\cdot}0529\times100}{0{\cdot}5}=10{\cdot}58$

উদাহরণ 15. লিটার প্রতি 1·62 গ্রাম ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট আছে এমন একটি খর জলের 1000000 লিটারের খরতা দূর করিতে কি পরিমাণ CaO প্রয়োজন ? [I. I. T. 1969]

সমাধান : 1 লিটার খর জলে $Ca(HCO_3)_2$-এর পরিমাণ 1·62 গ্রাম

$\therefore$ 10^6 " " " " $1{\cdot}62\times10^6$ গ্রাম

$$\underset{56}{CaO}+\underset{162}{Ca(HCO_3)_2}=2CaCO_3+H_2O$$

সমীকরণ হইতে পাই,

162 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ বিক্রিয়া করে 56 গ্রাম CaO-এর সহিত।

$\therefore$ $1{\cdot}62\times10^6$ গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ বিক্রিয়া করে,

$\frac{56\times1{\cdot}62\times10^6}{162}$ গ্রাম বা, $5{\cdot}6\times10^5$ গ্রাম CaO-এর সঙ্গে

10^6 লিটার জলের খরতা দূর করিতে প্রয়োজনীয় CaO-এর পরিমাণ,

$=5{\cdot}6\times10^5$ গ্রাম।

উদাহরণ 16. NaBr এবং NaCl-এর একটি মিশ্রণের সহিত H_2SO_4 যোগ করিয়া বারংবার উত্তপ্ত করার ফলে দেখা গেল যে, Br এবং Cl, HBr এবং HCl হিসাবে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হইয়াছে। বিক্রিয়া শেষে দেখা গেল, উৎপন্ন Na_2SO_4 প্রাথমিক মিশ্রণের ওজনের সমান। প্রাথমিক মিশ্রণে NaCl এবং NaBr-এর ওজনের অনুপাত বাহির কর। [I. I. T. 1970]

সমাধান : ধরা যাক, প্রাথমিক মিশ্রণে NaCl-এর পরিমাণ x গ্রাম এবং NaBr-এর পরিমাণ y গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রণের মোট ওজন $=(x+y)$ গ্রাম

(i) $\underset{117}{2NaCl}+H_2SO_4=\underset{142}{Na_2SO_4}+2HCl$

(ii) $\underset{206}{2NaBr}+H_2SO_4=\underset{142}{Na_2SO_4}+2HBr$

(i) সমীকরণ হইতে x গ্রাম NaCl হইতে $\frac{142x}{117}$ গ্রাম Na_2SO_4 পাওয়া যায়

(ii) " " y " NaBr " $\frac{142y}{206}$ " " " "

প্রশ্নানুসারে, $\frac{142x}{117}+\frac{142y}{206}=x+y$

$1{\cdot}2137x-x=y-0{\cdot}6893y$ বা, $0{\cdot}2137x=0{\cdot}3107y$

বা, $x:y=1{\cdot}454:1$

উদাহরণ 17. $Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu$ । এই বিক্রিয়াটি একমুখী বিক্রিয়া। একটি পরীক্ষায় 10 গ্রাম ধাতব Zn 200 মিলিলিটার $CuSO_4$ দ্রবণে যোগ করা হইল। সমস্ত Cu অধঃক্ষিপ্ত হইবার পর দেখা গেল যে, কিছু পরিমাণ Zn অবশিষ্ট আছে। মিশ্রণটি পরিস্রাবণ করার পর দেখা গেল যে, শুষ্ক অবশেষের পরিমাণ 9·81 গ্রাম। অধঃক্ষিপ্ত Cu-এর পরিমাণ কত? [I. I. T 1971]

সমাধান : ধরা যাক, x গ্রাম Zn বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়াছে।

∴ অবশিষ্ট $Zn=(10-x)$ গ্রাম

$$\underset{65\cdot4}{Zn}+CuSO_4=ZnSO_4+\underset{63\cdot5}{Cu}$$

∴ x গ্রাম Zn-কর্তৃক অধঃক্ষিপ্ত Cu-এর পরিমাণ $=\frac{63\cdot5x}{65\cdot4}$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{63\cdot5x}{65\cdot4}+10-x=9\cdot81$ ∴ $x=6\cdot54$

∴ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী Zn-এর পরিমাণ $=6\cdot54$

∴ অধঃক্ষিপ্ত Cu-এর পরিমাণ $=\frac{63\cdot5\times6\cdot54}{65\cdot4}$ গ্রাম $=6\cdot35$ গ্রাম

উদাহরণ 18. ব্লাস্ট ফারনেসের একটি বিক্রিয়া হইল $Fe_2O_3+3CO\rightarrow2Fe+3CO_2$ । 100 পাউণ্ড Fe_2O_3-কে বিজারিত করিতে কত পাউণ্ড CO-এর প্রয়োজন?

সমাধান : $$\underset{159\cdot6}{Fe_2O_3}+\underset{84}{3CO}=2Fe+3CO_2$$

159·6 পাউণ্ড Fe_2O_3 বিক্রিয়া করে 84 পাউণ্ড CO-এর সঙ্গে

∴ 100 " " " " $\frac{84\times100}{159\cdot6}$ বা, 52·6 পাউণ্ডের সঙ্গে

∴ CO-এর পরিমাণ $=52\cdot6$ পাউণ্ড

উদাহরণ 19. 5·00 গ্রাম P_4O_6 এবং 8 গ্রাম I_2 হইতে কত গ্রাম P_2I_4 উৎপন্ন হইবে।

সমাধান : বিক্রিয়ার সমীকরণটি হইল,

$$\underset{5\times220}{5P_4O_6}+\underset{8\times253\cdot8}{8I_2}=\underset{4\times569\cdot6}{4P_2I_4}+3P_4O_{10}$$

বিক্রিয়া হইতে আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, বিক্রিয়াটি ঘটে P_4O_6 এবং I_2-এর মোল সংখ্যার 5 : 8 অনুপাতে অথবা 1 : 1·6 অনুপাতে।

প্রদত্ত গণনায় 5·00 গ্রাম $P_4O_6=\frac{5}{220}$ মোল $=0\cdot0227$ মোল P_4O_6

এবং 8 গ্রাম $I_2=\frac{8}{253\cdot8}$ মোল $=0\cdot0315$ মোল I_2

$\therefore$ বিক্রিয়ার উপস্থিত P_4O_6-এর মোল সংখ্যা : I_2-এর মোল সংখ্যা
$=0{\cdot}0227 : 0{\cdot}0315=1 : 1{\cdot}4$

ইহা স্পষ্ট যে, বিক্রিয়াটিতে পরিমাণ মত I_2 নাই।

সুতরাং উপস্থিত I_2-এর পরিমাণের ভিত্তিতে P_2I_4-এর পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে।

8 মোল I_2 হইতে 4 মোল P_2I_4 উৎপন্ন হয়

$\therefore$ 0·0315 " " $\frac{4\times0{\cdot}0315}{8}$ মোল বা, 0·0157 মোল P_2I_4 উৎপন্ন হয়

P_2I_4-এর আণবিক ওজন 569·6

$\therefore$ উৎপন্ন P_2I_4-এর পরিমাণ$=(569{\cdot}6\times0{\cdot}0157)$ গ্রাম$=8{\cdot}94$ গ্রাম।

উদাহরণ 20. 1·42 গ্রাম ওজনের $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$-এর একটি মিশ্রণকে স্থির ওজন পাওয়া পর্যন্ত তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল, অতঃপর ইহাকে শীতল করিয়া দেখা গেল যে, অবশেষের ওজন 0·76 গ্রাম। মিশ্রণটিতে $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ কত ছিল? (Ca=40, Mg=24, C=12, O=16)

[Benaras, 1946]

সমাধান : (i) $\underset{100}{CaCO_3}=\underset{56}{CaO}+CO_2$

(ii) $\underset{84}{MgCO_3}=\underset{40}{MgO}+CO_2$

ধরা যাক, মিশ্রণে $MgCO_3$-এর পরিমাণ$=x$ গ্রাম

$\therefore$ " $CaCO_3$-এর " $=1{\cdot}42-x$ গ্রাম

x গ্রাম $MgCO_3$ হইতে প্রাপ্ত MgO-এর পরিমাণ, $=\frac{40\times x}{84}$ গ্রাম

$(1{\cdot}42-x)$ গ্রাম $CaCO_3$ হইতে প্রাপ্ত CaO-এর পরিমাণ,

$=\frac{56(142-x)}{100}$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{40x}{84}+\frac{56(1{\cdot}42-x)}{100}=0{\cdot}76$ বা, $x=0{\cdot}42$

$\therefore$ 1·42 গ্রাম মিশ্রণে $MgCO_3$-এর পরিমাণ 0·42 গ্রাম

100 " " " " $\frac{0{\cdot}42\times100}{1{\cdot}42}=29{\cdot}58$ গ্রাম

$\therefore$ $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ$=29{\cdot}58$।

উদাহরণ 21. 25·4 গ্রাম I_2 এবং 14·2 গ্রাম Cl_2 পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া ICl এবং ICl_3-এর মিশ্রণ উৎপন্ন করিল। উৎপন্ন ICl এবং ICl_3 মোলের অনুপাত নির্ণয় কর।

[I. I. T. 1970]

সমাধান ঃ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত I_2-এর মোল সংখ্যা$=\frac{25 \cdot 4}{254}=0 \cdot 1$

" " Cl_2 " $=\frac{14 \cdot 2}{71}=0 \cdot 2$

ধরা যাক, ICl-এর পরিমাণ$=x$ মোল

এবং ICl_3-এর " $=y$ মোল

বিক্রিয়ার সমীকরণ দুইটি হইল,

(1) $I_2+Cl_2=2\ ICl$

$\frac{x}{2}\quad \frac{x}{2}\quad =x$

(2) $I_2+3Cl_2=2\ ICl_3$

$\frac{y}{2}\quad \frac{3y}{2}\quad =y$

প্রশ্নানুসারে, $\frac{x}{2}+\frac{y}{2}=0 \cdot 1$

$\frac{x}{2}+\frac{3y}{2}=0 \cdot 2$

$\therefore\ x:y=1:1$

$\therefore$ ICl-এর মোল সংখ্যা : ICl_3 মোল সংখ্যা$=1:1$

উদাহরণ 22. 200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে যে-পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিতে হইবে ? (K=39, Cl=35·5, Hg=200)

[Tripura, H. S. 1981]

সমাধান : $2\ HgO \rightarrow 2Hg+O_2$

2×216 গ্রাম $\quad$ 32 গ্রাম

$2KClO_3 \rightarrow 2KCl+3O_2$

$2 \times 122 \cdot 5$ গ্রাম $\quad 3 \times 32$ গ্রাম

উপরের সমীকরণ হইতে পাই,

2×216 গ্রাম HgO হইতে 32 গ্রাম O_2 পাওয়া যায়।

$\therefore$ 200 " " " $\frac{32 \times 200}{2 \times 216}$ গ্রাম বা 14·8 গ্রাম O_2 পাওয়া যায়।

আবার, 3×32 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় $2 \times 122 \cdot 5$ গ্রাম $KClO_3$ হইতে

$\therefore$ 14·8 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে $\frac{2 \times 122 \cdot 5 \times 14 \cdot 8}{3 \times 32}$ গ্রাম $KClO_3$

বা, 37·8 গ্রাম $KClO_3$ হইতে

উদাহরণ 23. 1000 গ্রাম জলে কত গ্রাম-অণু জল আছে ? [J. E. 1984]

সমাধান ঃ 18 গ্রাম জল$=1$ গ্রাম-অণু জল

$\therefore$ 1000 গ্রাম জল$=\frac{1000}{18}$ " " $=55 \cdot 55$ গ্রাম-অণু জল

উদাহরণ 24. একটি মিশ্রণে NaCl এবং একটি অজ্ঞাত যৌগ MCl বর্তমান। (i) মিশ্রণটির 1 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ যুক্ত করা হইল। ইহার ফলে 2·567 গ্রাম সাদা অধঃক্ষেপ পড়িল। (ii) মূল মিশ্রণের 1 গ্রামকে 300°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইল। ইহার ফলে উৎপন্ন বাষ্পকে অ্যাসিড মিশ্রিত $AgNO_3$ দ্রবণে শোষণ করিবার পর দেখা গেল ইহাতে 1·341 গ্রাম সাদা অধঃক্ষেপ পড়িয়াছে। অজ্ঞাত ক্লোরাইডটির আণবিক ওজন বাহির কর। [I. I. T. 1980]

সমাধান ঃ ধরা যাক, MCl-এর আণবিক ওজন$=x$ এবং 1 গ্রাম মিশ্রণে MCl-এর পরিমাণ y গ্রাম।

∴ NaCl-এর ওজন$=(1-y)$ গ্রাম

NaCl-এর আণবিক ওজন$=58·5$

AgCl „ „ „ $=108+35·5=143·5$

$$NaCl+AgNO_3 \rightarrow AgCl+NaNO_3$$

∴ $(1-y)$ গ্রাম NaCl হইতে উৎপন্ন AgCl-এর পরিমাণ

$$=\frac{143·5}{58·5}(1-y) \text{ গ্রাম}$$

এবং y গ্রাম MCl হইতে উৎপন্ন AgCl-এর পরিমাণ$=\frac{143·5}{x}\times y$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{143·5}{58·5}(1-y)+\frac{143·5y}{x}=2·567$ গ্রাম ... (i)

আবার, $\frac{143·5y}{x}=1·341$ ... (ii)

(i) সমীকরণে $\frac{143·5y}{x}$-এর মান বসাইয়া

$$\frac{143·5}{58·5}(1-y)+1·341=2·567 \quad \text{বা,} \quad y=0·5$$

(ii) সমীকরণে y-এর মান বসাইয়া

$$\frac{143·5}{x}\times 0·5=1·341 \quad \text{বা,} \quad x=53·5$$

∴ অজ্ঞাত ক্লোরাইড MCl-এর আণবিক ওজন$=53·5$

উদাহরণ 25. (a) একটি খর জলের এক লিটারে এক মিলিগ্রাম $CaCl_2$ এবং এক মিলিগ্রাম $MgCl_2$ আছে। 10^6 ভাগ জলের খরতা নির্ণয় কর।

($CaCO_3$-এর সাপেক্ষে)

(b) একটি খর জলের এক লিটারে 20 মিলিগ্রাম Ca^{++} আছে। এই খর জলটির এক লিটারকে মৃদু করিতে কত মিলিতুল্যাঙ্ক (miliequivalent) Na_2CO_3 প্রয়োজন?

(c) একটি বদ্ধ পাত্রে 0·5 গ্রাম O_2 আছে। ইহার মধ্যে 1 গ্রাম Mg যোগ করিয়া দহন করা হইল (i) কোন্ বিক্রিয়কটি অতিরিক্ত থাকিবে ? (ii) অতিরিক্ত বিক্রিয়কের ওজন কত ? (iii) পাত্রের অবশেষকে দ্রবীভূত করিতে 0·5(N) H_2SO_4-এর কত আয়তন প্রয়োজন। [I. I. T. 1980]

সমাধান : $CaCl_2 \equiv CaCO_3$
111 গ্রাম 100 গ্রাম

∴ 1 মিগ্রা. $CaCl_2 \equiv \frac{100}{111} = 0·9$ মিগ্রা. $CaCO_3$

$MgCl_2 \equiv CaCO_3$
95 100

∴ 1 মিগ্রা. $MgCl_2 \equiv \frac{100}{95}$ মিগ্রা. $\equiv 1·053$ মিগ্রা. $CaCO_3$

∴ $CaCl_2$ এবং $MgCl_2$-এর পরিমাণ $\equiv 0·9 + 1·053$
$\equiv 1·953$ মিগ্রা. $CaCO_3$

∴ 1 লিঃ বা 1000 গ্রাম বা 10^6 মিলিগ্রাম জলে মোট $CaCO_3$-এর তুল্যাঙ্ক $= 1·953$

∴ জলের নির্ণেয় খরতা $= 1·953$

(b) $Ca^{++} + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2Na^+$
40 গ্রা. 2 তুল্যাঙ্ক

বা, 40×10^3 মিগ্রা. $Ca^{++} = 2 \times 10^3$ মিলি. তুল্যাঙ্ক Na_2CO_3

∴ 20 মিগ্রা. $Ca^{++} \equiv \frac{2 \times 10^3 \times 20}{40 \times 10^3} = 1$ মিলি. তুল্যাঙ্ক „

(c) $2\,Mg + O_2 \rightarrow 2\,MgO$
48 গ্রা. 32 গ্রা. → 80 গ্রাম
32 গ্রা. $O_2 \equiv 48$ গ্রা. Mg

∴ 0·5 „ „ $\equiv \frac{48 \times ·5}{32}$ গ্রাম বা, 0·75 গ্রাম Mg

∴ (1 − 0·75) গ্রাম বা, 0·25 গ্রাম Mg অতিরিক্ত ছিল। পাত্রের অবশেষে Mg এবং MgO আছে। উভয়েই H_2SO_4-এ দ্রবীভূত হইবে। অর্থাৎ 1 গ্রাম Mg, H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ার অংশ গ্রহণ করিবে।

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$$

24 গ্রাম $Mg \equiv 1000$ মিলি. 2 (N) H_2SO_4

∴ 1 „ „ $\equiv \frac{1000}{24}$ মিলি. 2 (N) H_2SO_4
$= \frac{4000}{24}$ মিলি. 0·5 (N) H_2SO_4
$= 166·66$ মিলি. 0·5 (N) H_2SO_4

∴ অবশেষকে দ্রবীভূত করিতে 166·66 মিলি. 0·5 (N) H_2SO_4 প্রয়োজন।

(b) জ্ঞাত ওজন হইতে অজ্ঞাত আয়তন, জ্ঞাত আয়তন হইতে অজ্ঞাত ওজন নির্ণয় (ওজন-আয়তন বিষয়ক গণনা) :

উদাহরণ 1. 25 গ্রাম মার্বেল পাথরকে অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করাইলে 15°C এবং 755 মিমি. চাপে কত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে ?

সমাধান : $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

(40+12+48)=100 গ্রাম   22·4 লিটার N. T. P.-তে

∴ N. T. P.-তে 100 গ্রাম মারবেল পাথর হইতে 22·4 লিটার CO_2 পাওয়া যায়।

∴ N. T. P.-তে 25 গ্রাম মারবেল পাথর হইতে $\frac{22\cdot4 \times 25}{100}$ লিটার CO_2 পাওয়া যাইবে বা, 5·6 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে।

ধরা যাক, N. T. P.-তে প্রাপ্ত 5·6 লিটার গ্যাস প্রদত্ত চাপ ও তাপমাত্রায় V লিটার আয়তন দখল করে।

চার্লস ও বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$\therefore \frac{5\cdot6 \times 760}{273} = \frac{V \times 755}{273+15} \quad \text{বা,} \quad V = 5\cdot95 \text{ লিটার}$$

∴ 15°C এবং 755 মিমি. চাপে 5·95 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 2. পটাসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত পটাসিয়াম ক্লোরেটের একটি নমুনার 0·90 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করা হইল। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইবার পর দেখা গেল 12°C এবং 740 মিমি. চাপে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন 248 ঘন সেন্টিমিটার। নমুনাটিতে পটাসিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা পরিমাণ কত ছিল ?

সমাধান : ধরা যাক, উৎপন্ন অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন V ঘন সেন্টিমিটার।

$$\therefore \frac{V \times 760}{273} = \frac{248 \times 740}{273+12}$$

V=231 ঘ. সেন্টিমিটার=0·231 লিটার

$2\,KClO_3 \quad = 2\,KCl + 3\,O_2$

245   3×22·4 লিটার N. T. P.-তে

N. T. P.-তে 3×22·4 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায় 245 গ্রাম $KClO_3$ হইতে।

∴ N. T. P.-তে 0·231 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{245 \times 0\cdot231}{3 \times 22\cdot4}$ গ্রাম

বা, 0·842 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে

∴ নমুনাটিতে পটাসিয়াম ক্লোরেটের পরিমাণ=0·842 গ্রাম

এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ=(0·9−0·842) গ্রাম=0·058 গ্রাম

∴ পটাসিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা পরিমাণ $=\frac{0{\cdot}058\times100}{0{\cdot}9}=6{\cdot}44$

উদাহরণ 3. একটি শক্ত কাচ নলে রক্ষিত লোহিত তপ্ত কপারের উপর দিয়া 740 মিমি. চাপে এবং 12°C উষ্ণতায় 970 c.c. নাইট্রোজেন মনোক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে কাচ নলটির ওজন বৃদ্ধি কত হইবে? বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসটি কি এবং ইহার আয়তন কত?

সমাধান ঃ $2\,Cu + 2\,NO = 2\,CuO + N_2$

N. T. P.-তে 2×22·4 লিটার 22·4 লিটার

সমীকরণ হইতে বুঝা যাইতেছে যে, উৎপন্ন নাইট্রোজেন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী NO-এর আয়তনের অর্ধেক। অতএব উৎপন্ন গ্যাসটি নাইট্রোজেন এবং প্রদত্ত চাপ ও তাপমাত্রায় ইহার আয়তন 485 c.c. কাচ নলটির ওজন বৃদ্ধি হইতেছে NO-এর অক্সিজেনের জন্য।

ধরা যাক, N. T. P.-তে 970 c.c. NO-এর আয়তন V লিটার

$$\therefore \frac{V\times760}{273}=\frac{0{\cdot}970\times740}{273+12}$$

বা, $V=\frac{0{\cdot}970\times740\times273}{760\times285}$ লিটার $=0{\cdot}9047$ লিটার

সুতরাং, N. T. P.-তে 0·9047 লিটার NO-এ বর্তমান অক্সিজেনের ওজন কাচ নলের ওজন বৃদ্ধির সমান।

$$2NO \rightarrow N_2 + O_2$$
$$2\times22{\cdot}4 \qquad 16\times2$$

N. T. P.-তে 22·4 লিটার NO-তে অক্সিজেনের পরিমাণ=16 গ্রাম

∴ 0·9047 " " " " $=\frac{16\times0{\cdot}9047}{22{\cdot}4}$ গ্রাম

=0·6462 গ্রাম

∴ কাচ নলটির ওজন বৃদ্ধি=0·6462 গ্রাম।

উদাহরণ 4. 27°C উষ্ণতা এবং 750 mm চাপে 100 লিটার Cl_2 উৎপাদনের জন্য কত ওজনের MnO_2-কে অতিরিক্ত HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিতে হইবে? (At. Wt. Mn.=55) [J. E. 1974]

সমাধান ঃ ধরা যাক, 27°C উষ্ণতা এবং 750 mm চাপের 100 লিটার ক্লোরিনের আয়তন N. T. P.-তে V লিটার।

$$\therefore \frac{V\times760}{273}=\frac{100\times750}{273+27}$$ বা, V=89·80 লিটার।

$$2MnO_2+8\,HCl=2MnCl_2+2Cl_2+4\,H_2O$$

2×87 গ্রাম 2×22·4 লিঃ N. T. P.-তে

$2 \times 22{\cdot}4$ লিটার Cl_2 উৎপাদনের প্রয়োজনীয় MnO_2-এর পরিমাণ 2×87 গ্রাম

$\therefore$ 89·80 লিটার Cl_2 উৎপাদনের জন্য $\frac{87 \times 89{\cdot}80}{22{\cdot}4}$ গ্রাম

বা, 348·77 গ্রাম MnO_2 প্রয়োজন

উদাহরণ 5. 4% অদাহ্য বস্তু আছে এমন একটি নমুনার সালফারের 1000 গ্রামকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে কত আয়তন বায়ু লাগিবে ? বায়ুতে আয়তন হিসাবে 21% অক্সিজেন আছে। [J. E. 1971]

সমাধান ঃ প্রদত্ত নমুনার সালফারের 1000 গ্রামে বিশুদ্ধ সালফারের পরিমাণ $\frac{96 \times 1000}{100}$ গ্রাম=960 গ্রাম।

এই বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণটি হইল,

$$S + O_2 = SO_2$$

32 গ্রাম 22.4 লি: N. T. P.-তে

$\therefore$ 32 গ্রাম সালফারের দহনের জন্য N. T. P.-তে 22·4 লিটার O_2-এর দরকার হয়।

$\therefore$ 960 গ্রাম সালফারের দহনের জন্য,

$\frac{22{\cdot}4 \times 960}{32}$ গ্রাম বা, 672 লিটার O_2-এর দরকার হয়।

এখন 21 লিটার O_2 পাওয়া যায় 100 লিটার বায়ু হইতে

$\therefore$ 672 " " " $\frac{100 \times 672}{21}$ লিটার বা 3200 লিটার বায়ু হইতে

$\therefore$ নির্ণেয় বায়ুর আয়তন=3200 লিটার।

উদাহরণ 6. MnO_2 এবং NaCl-এর মিশ্রণকে H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি নিম্নে দেওয়া হইল :

$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + Cl_2 + 2H_2O$$

$2 \times 58{\cdot}5$ গ্রা: 22·4 লি: N.T.P.-তে

100 গ্রাম NaCl হইতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত আয়তন ক্লোরিন উৎপন্ন হইবে ?

সমাধান ঃ

N. T. P.-তে 117 গ্রাম NaCl হইতে 22·4 লিটার Cl_2 উৎপন্ন হয়

$\therefore$ " 100 " " " $\frac{22{\cdot}4 \times 100}{117}$ লিটার

বা, 19·15 লিটার Cl_2 উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 7. 1·00 গ্রাম $KClO_3$-কে এমনভাবে উত্তপ্ত করা হইল যাহাতে ইহার দুইটি অংশ দুইভাবে বিয়োজিত হয়। প্রথম অংশ বিয়োজিত হয় 1 নং সমীকরণ অনুসারে এবং দ্বিতীয় অংশ বিয়োজিত হয় 2 নং সমীকরণ অনুসারে।

$$2\,KClO_3 = 2\,KCl + 3O_2 \cdots\cdots(1)$$

$$4KClO_3 = 3\,KClO_4 + KCl \cdots\cdots(2)$$

যদি উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন S. T. P.-তে 146·8 ml হয় তাহা হইলে প্রাপ্ত অবশেষে $KClO_4$-এর শতকরা পরিমাণ কত? (K=39·1, Cl=35·5)
[I. I. T. 1977]

সমাধান : (1) নং সমীকরণ হইতে,

S. T. P.-তে 3×22400 ml O_2 পাওয়া যায় $2\times122{\cdot}6$ gm $KClO_3$ হইতে

$\therefore$ " 146·8 ml " " $\dfrac{2\times122{\cdot}6\times146{\cdot}8}{3\times22400}$ gm

বা, 0·5358 gm $KClO_3$ হইতে

$\therefore$ (1−0·5358) gm বা, 0·4642 gm $KClO_3$ (2) নং সমীকরণ অনুসারে বিয়োজিত হইয়াছে।

$\therefore$ 0·4642 $KClO_3$ হইতে উৎপন্ন $KClO_4$-এর পরিমাণ

$$=\frac{3\times138{\cdot}6\times0{\cdot}4642}{4\times122{\cdot}6}\text{ gm}=0{\cdot}3938\text{ gm}$$

দুইটি বিক্রিয়া হইতে উৎপন্ন KCl-এর পরিমাণ

$$=\left\{\frac{0{\cdot}5358\times74{\cdot}6}{122{\cdot}6}+\frac{0{\cdot}4642\times74{\cdot}6}{4\times122{\cdot}6}\right\}\text{ gm}=0{\cdot}3965\text{ gm}$$

প্রাপ্ত অবশেষের মোট ওজন=(0·3965+0·3938) gm

=0·7903 gm

$\therefore$ অবশেষে $KClO_4$-এর শতকরা পরিমাণ$=\dfrac{0{\cdot}3938\times100}{0{\cdot}7903}$ gm

=49·83 gm

উদাহরণ 8. Al এবং Mg-এর একটি ধাতু সঙ্করের 1 গ্রাম লইয়া অতিরিক্ত লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটানো হইল। এই বিক্রিয়ায় $MgCl_2$, $AlCl_3$ এবং H_2 উৎপন্ন হইল। O°C উষ্ণতায় এবং 0·92 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে মারকারির উপরে সংগ্রহ করার ফলে ইহার আয়তন দেখা গেল 1·2 লিটার। ধাতু সঙ্করটির সংযুতি নির্ণয় কর। (Al=27, Mg=24·3)

সমাধান : বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি হইল

$$2\,Al+6\,HCl\rightarrow2\,AlCl_3+3\,H_2$$
$$Mg+2\,HCl\rightarrow MgCl_2+H_2$$

ধরা যাক, Al-এর পরিমাণ x gm

$\therefore$ Mg-এর " $(1-x)$ gm

N. T. P.-তে x gm Al দ্বারা মুক্ত H_2-এর আয়তন

$$=\frac{3\times22{\cdot}4\times x}{54}\text{ লিটার}=1{\cdot}2444\,x\text{ লিটার}$$

N. T. P.-তে $(1-x)$ gm Mg দ্বারা মুক্ত H_2-এর আয়তন

$$=\frac{22\cdot4\,(1-x)}{24\cdot3} \text{ লিটার} = 0\cdot9218\ (1-x) \text{ লিটার}$$

O°C উষ্ণতায় 0·92 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 1·2 লিটার H_2-এর আয়তন S. T. P.-তে V লিটার হইলে

$$\frac{V\times1}{273}=\frac{1\cdot2\times0\cdot92}{273}$$

বা, $V=1\cdot104$ লিটার

∴ প্রশ্নানুসারে, $1\cdot2444x+0\cdot9218(1-x)=1\cdot104$

বা, $x=0\cdot565$

∴ $Al=0\cdot565$ gm এবং $Mg=0\cdot435$ gm

উদাহরণ 9. N. T. P.-তে 10 লিটার NH_3 প্রস্তুতির জন্য কত ওজনের NH_4Cl প্রয়োজন ? [C. U. 1902]

সমাধান : $2NH_4Cl+CaO=CaCl_2+2NH_3+H_2O$

2×53·5 গ্রাম ... 2×22·4 লিঃ N.T.P.-তে

সমীকরণ হইতে পাই,

N. T. P.-তে 2×22·4 লিটার NH_3 পাওয়া যায় 2×53·5 গ্রাম NH_4Cl হইতে

∴ " 10 লিটার NH_3 পাওয়া যাবে $\frac{2\times53\cdot5\times10}{2\times22\cdot4}$ গ্রাম

বা, 23·88 গ্রাম NH_4Cl হইতে

উদাহরণ 10. কত গ্রাম Cu H_2SO_4 অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 27°C এবং 750 mm চাপে 5 লিটার SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করিবে ? উৎপন্ন $CuSO_4$ হইতে Cu-কে সম্পূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত করিতে N. T. P.-তে কত আয়তন H_2S-এর প্রয়োজন হইবে ? [C. U. 1921]

সমাধান : ধরা যাক, উৎপন্ন SO_2-এর N. T. P.-তে আয়তন V লিটার

∴ $\frac{V\times760}{273}=\frac{750\times5}{273+27}$ ∴ $V=4\cdot491$ লিটার

$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$

63·5 গ্রাম ... 22·4 লিঃ N. T. P.-তে

N. T. P.-তে 22·4 লিটার SO_2 পাওয়ার জন্য 63·5 গ্রাম Cu দরকার

" 4·491 " " " $\frac{63\cdot5\times4\cdot491}{22\cdot4}$ গ্রাম Cu দরকার

বা, 12·74 গ্রাম Cu দরকার

আবার, $CuSO_4+H_2S=CuS+H_2SO_4$

63·5 গ্রাম কপারকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে N. T. P.-তে 22·4 লিটার H_2S দরকার

$\therefore$ 12·74 গ্রাম কপারকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে N. T. P.-তে $\frac{22{\cdot}4\times12{\cdot}74}{63{\cdot}5}$ লিটার বা 4·493 লিটার H_2S দরকার।

উদাহরণ 11. 1·2 লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি শক্ত সিলিণ্ডারে এক গ্রাম পরমাণু Mg এবং অতিরিক্ত H_2SO_4 লইয়া বদ্ধ করা হইল। ধাতু এবং অ্যাসিডের মোট আয়তন 250·8 c.c.। প্রারম্ভিক তাপমাত্রা 23°C এবং চাপ 756 mm। বিক্রিয়াশেষে সিলিণ্ডারের অভ্যন্তরস্থ মিশ্রণের তাপমাত্রা 23°C-এ আনা হইল। সিলিণ্ডারের অভ্যন্তরে চাপ কত হইবে? (বিক্রিয়ার জন্য H_2SO_4-এর আয়তন হ্রাস এবং H_2SO_4-এর বাষ্পীয় চাপ নগণ্য ধরিয়া লও।) [C. U. 1932]

সমাধান : $Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$

24 গ্রাম   22·4 লিটার N. T. P.-তে

উৎপন্ন H_2 যে আয়তন দখল করিতে পারিবে তাহার পরিমাণ

$$=(1200-250{\cdot}8)\ \text{c.c.}=949{\cdot}2\ \text{c.c.}$$

সমীকরণ হইতে পাই,

এক গ্রাম-পরমাণু Mg N. T. P.-তে 22400 c.c. H_2 উৎপন্ন করে।

এখানে $P_1=760$ mm $P_2=?$

$V_1=22400$ c.c. $V_2=949{\cdot}2$ c.c.

$T_1=273°A$ $T_2=(273+23)°A=296°A$

$$\therefore \frac{760\times22400}{273}=\frac{P_2\times949{\cdot}2}{296}$$

$$P_2=\frac{760\times296\times22400}{273\times949{\cdot}2}=19440\ \text{mm}=\text{উৎপন্ন } H_2\text{-এর চাপ}$$

$\therefore$ সিলিণ্ডারের অভ্যন্তরে মোট চাপ = উৎপন্ন হাইড্রোজেনের চাপ + প্রারম্ভিক চাপ = (19440 + 756) mm = 20196 mm

উদাহরণ 12. অ্যালুমিনা মিশ্রিত অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের একটি নমুনায় 0·0321 গ্রাম লঘু HCl-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে 13°C এবং 761 মিমি. চাপে 39·3 c.c. আর্দ্র H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। ধাতুটি শতকরা কতভাগ শুদ্ধ? (Al=27, 13°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ=11 mm) [C. U. 1946]

সমাধান : ধরা যাক, উৎপন্ন শুষ্ক হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন V c.c.

$$\therefore \frac{V\times760}{273}=\frac{39{\cdot}3\times(761-11)}{273+13}$$

$$\therefore V=\frac{39{\cdot}3\times750\times273}{286\times760}=37{\cdot}02\ \text{c.c.}$$

$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

2×27 গ্রাঃ   3×22.4 লিঃ N. T. P.-তে

রাসায়নিক সমীকরণ হইতে পাই,

N. T. P.-তে 3×22400 c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় 2×27 গ্রাম Al দ্বারা

$\therefore$ 37·02 c.c. " " $\frac{2 \times 27 \times 37 \cdot 02}{3 \times 22400}$ গ্রাম Al দ্বারা

বা, 0·02975 গ্রাম Al দ্বারা

$\therefore$ 0·0321 গ্রাম অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামে শুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণ
$= 0 \cdot 02975$ গ্রাম

$\therefore$ অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামে শুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের শতকরা ভাগ

$$= \frac{0 \cdot 02975 \times 100}{0 \cdot 0321} = 92 \cdot 68$$

উদাহরণ 13. একটি তরল হাইড্রোকার্বনের 0·0225 গ্রাম পরিমাণের সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশাইয়া ইউডিয়োমিটার টিউবে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। ঠাণ্ডা করার পর দেখা গেল, N. T. P.-তে 21 c.c. আয়তন কমিয়াছে। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পঘনত্ব 36 হইলে তাহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (H=1, C=12) [J. E. 1984]

ধরা যাক, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_xH_y

$$C_xH_y + (x+\tfrac{y}{4})O_2 = xCO_2 + \tfrac{y}{2}H_2O$$
$$(12x+y) \quad (x+\tfrac{y}{4}) \times 22 \cdot 4 = 22 \cdot 4 \times x \text{ লিটার}$$

N. T. P.-তে $12x+y$ গ্রাম হাইড্রোকার্বন হইতে প্রাপ্ত CO_2-এর আয়তন $22 \cdot 4 \times x$ লিটার

$\therefore$ N. T. P.-তে 0·0225 গ্রাম হাইড্রোকার্বন হইতে প্রাপ্ত CO_2-এর আয়তন$= \frac{22 \cdot 4x \times 0 \cdot 0225}{12x+y}$ লিটার।

N. T. P.-তে আয়তন হ্রাস 21 c.c. অর্থাৎ এই অবস্থায় উৎপন্ন জলীয় বাষ্প তরলীভূত হইয়া যাইবে, সুতরাং ইহার আয়তন নগণ্য হইবে। আবার হাইড্রোকার্বনটি যেহেতু তরল অবস্থায় লওয়া হইয়াছে, অতএব ইহার আয়তনকে অগ্রাহ্য করা যাইতে পারে। সুতরাং আয়তন হ্রাস কেবলমাত্র রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য ঘটিয়াছে।

$\therefore$ N. T. P.-তে $12x+y$ গ্রাম হাইড্রোকার্বন $\left(x+\frac{y}{4}\right) \times 22 \cdot 4$ লিটার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে।

$\therefore$ N. T. P.-তে 0·0225 গ্রাম হাইড্রোকার্বন $\frac{(x+\frac{y}{4}) \times 22 \cdot 4 \times 0 \cdot 0225}{12x+y}$ লি.

বা, $\frac{(4x+y) \times 22 \cdot 4 \times 0 \cdot 0225}{4(12x+y)}$ লিটার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিবে।

প্রশ্নানুসারে,

$$\frac{(4x+y)\times 22{\cdot}4\times 0{\cdot}0225}{4(12x+y)}-\frac{22{\cdot}4x\times 0{\cdot}0225}{12x+y}=0{\cdot}021$$

বা, $x : y=1 : 2{\cdot}4=5 : 12$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির স্থূল সঙ্কেত$=C_5H_{12}$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত$=(C_5H_{12})_x$

যৌগটির আণবিক গুরুত্ব$=36\times 2=72$

$\therefore\ (60+12)x=72 \quad \therefore\ x=1$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত$=C_5H_{12}$

উদাহরণ 14. শুষ্ক Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর একটি মিশ্রণের 3 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল 0·31 গ্রাম ওজন হ্রাস পাইয়াছে। মিশ্রণটির শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

সমাধান : Na_2CO_3-কে উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হয় না। $NaHCO_3$-কে উত্তপ্ত করিলে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণ অনুসারে বিয়োজিত হয়।

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

2 মোল　　1 মোল + 1 মোল + 1 মোল

168　　106　　18　　44

$\therefore$ প্রতি 168 গ্রাম $NaHCO_3$-এ ওজন হ্রাস$=(44+18)$ গ্রাম বা 62 গ্রাম।

62 গ্রাম ওজন হ্রাস হইলে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ 168 গ্রাম

$\therefore$ 0·31 " " " " " $\frac{168\times 0{\cdot}31}{62}$ গ্রাম

বা, 0·84 গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রণটিতে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ$=0{\cdot}84$ গ্রাম এবং Na_2CO_3-এর পরিমাণ$=(3-0{\cdot}84)$ গ্রাম$=2{\cdot}16$ গ্রাম

$\therefore$ $NaHCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ$=\frac{0{\cdot}84\times 100}{3}=28$

এবং Na_2CO_3 " " $=\frac{2{\cdot}16\times 100}{3}=72$

উদাহরণ 15. $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ মিশ্রণের এক গ্রাম লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া N. T. P.-তে 240 মিলিলিটার CO_2 উৎপন্ন করে। মিশ্রণটির শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরা যাক $CaCO_3$-এর ওজন$=x$ গ্রাম

$\therefore$ $MgCO_3$-এর ওজন$=(1-x)$ গ্রাম

$CaCO_3$-এর আণবিক ওজন$=100$ এবং $MgCO_3$-এর আণবিক ওজন$=84$

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2+H_2O$$

1 মোল $CaCO_3$ হইতে 1 মোল CO_2 উৎপন্ন হয়

$\therefore$ $\frac{x}{100}$ " " " $\frac{x}{100}$ " " "

$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$

1 মোল $MgCO_3$ হইতে 1 মোল CO_2 উৎপন্ন হয়

$\therefore\ \frac{1-x}{84}$ " " $\frac{1-x}{84}$ " " "

N. T. P.-তে উৎপন্ন CO_2-এর মোল সংখ্যা $= \frac{240}{22400}$

$$\therefore\ \frac{1-x}{84} + \frac{x}{100} = \frac{240}{22400}$$

বা, $x = \frac{10}{16}$ গ্রাম

$\therefore$ $CaCO_3$-এর শতকরা ভাগ $= \frac{10 \times 100}{16} = 62{\cdot}5\%$

এবং $MgCO_3$ " " $= (100 - 62{\cdot}5)\% = 37{\cdot}5\%$

উদাহরণ 16. $Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$ । উপরে উল্লিখিত রাসায়নিক সমীকরণ হইতে 750 মিমি. চাপে এবং 0°C উষ্ণতায় 2·024 লিটার NH_3 উৎপন্ন করিতে কত গ্রাম NH_4Cl প্রয়োজন? উৎপন্ন $CaCl_2$-এর পরিমাণ কত হইবে? [H. S. 1981]

সমাধান : ধরা যাক, প্রদত্ত শর্তে 2·024 লিটার অ্যামোনিয়ায় N. T. P.-তে আয়তন V লিটার।

$$\therefore\ \frac{V \times 760}{273} = \frac{2{\cdot}024 \times 750}{273}$$

$$\therefore\ V = \frac{2{\cdot}04 \times 750}{760} = 2 \text{ লিটার}$$

$$\begin{array}{lllll} Ca(OH)_2 + & 2NH_4Cl & = CaCl_2 & +2NH_3 & +2H_2O \\ & 2 \times 53{\cdot}5 & 40+71 & 2 \times 22{\cdot}4 \text{ লিটার} & \\ & =107 \text{ গ্রা.} & =111 \text{ গ্রা.} & =44{\cdot}8 \text{ লি: N. T. P.-তে} & \end{array}$$

$\therefore$ 44·8 লিটার NH_3 পাওয়া যায় 107 গ্রাম NH_4Cl হইতে

2 " " " যাইবে $\frac{107 \times 2}{44{\cdot}8}$ গ্রাম

বা, 4·78 গ্রাম NH_4Cl হইতে

107 গ্রাম NH_4Cl হইতে উৎপন্ন $CaCl_2$-এর পরিমাণ 111 গ্রাম

$\therefore$ 4·78 " " " " " " $\frac{111 \times 4{\cdot}78}{107}$ গ্রাম

$= 4{\cdot}95$ গ্রাম

উদাহরণ 17. এক কিলোগ্রাম $CaCO_3$ হইতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইতে পারে? [H. S. 1982]

সমাধান : $CaCO_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} CaO + CO_2$

$40+12+48$ 22·4 লিটার (N. T. P.)

$=100$ গ্রাম

100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন N. T. P.-তে 22·4 লিঃ

∴ 1000 গ্রাম (1 কেজি) হইতে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন,

$$\frac{22{\cdot}4 \times 1000}{100} = 224 \text{ লিটার।}$$

উদাহরণ 18. 24 গ্রাম ওজনের একটি কঠিন মৌলিক পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে পরিণত করিতে 44·8 লিটার (N. T. P.-তে মাপা হইয়াছে) অক্সিজেনের প্রয়োজন হইল। গ্যাসীয় অক্সাইডটি N. T. P.-তে 44·8 লিটার আয়তন দখল করে। উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন কত গ্রাম এবং উহার বাষ্প ঘনত্ব কত ? [H. S. 1984]

সমাধান : N. T. P.-তে 44·8 লিটার অক্সিজেন = 64 গ্রাম অক্সিজেন

∴ উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের মোট ওজন = (64 + 24) গ্রাম = 88 গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, N. T. P.-তে 44·8 লিটার গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন = 88 গ্রাম

∴ " 22·4 " " " " = 44 গ্রাম

∴ গ্যাসীয় অক্সাইডটির আণবিক ওজন = 44

এবং " " বাষ্পঘনত্ব = 22

উদাহরণ 19. 112·0 গ্রাম বিশুদ্ধ আয়রনকে ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই ফেরিক ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে ফেরাস ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করিতে N. T. P.-তে কত লিটার H_2S গ্যাস লাগিবে ? (Fe = 56, Cl = 35·5) [H. S. 1984]

সমাধান :

$$\underset{\substack{2\times 56\\=112\text{ গ্রাম}}}{2Fe} + 3Cl_2 \rightarrow \underset{\substack{2\times 162{\cdot}5\\=325\text{ গ্রাম}}}{2FeCl_3}$$

$$\underset{325\text{ গ্রাম}}{2FeCl_3} + \underset{22{\cdot}4\text{ লিটার (N. T. P.)}}{H_2S} \rightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

উপরের সমীকরণ অনুসারে 112 গ্রাম আয়রন হইতে উৎপন্ন ফেরিক ক্লোরাইডের পরিমাণ 325 গ্রাম এবং 325 গ্রাম $FeCl_3$-কে বিজারিত করিতে প্রয়োজনীয় H_2S-এর N. T. P.-তে আয়তন 22·4 লিটার।

উদাহরণ 20. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত 25 গ্রাম জিঙ্কের বিক্রিয়ায় যে-হাইড্রোজেন নির্গত হইবে তাহার পূর্ণ দহনের জন্য 27°C উষ্ণতা এবং 750 মিমি. চাপে কত আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে ? (Zn = 65·3)

[Tripura H. S. 1980]

সমাধান :

$$2HCl + \underset{65{\cdot}3\text{ গ্রাম}}{Zn} \rightarrow ZnCl_2 + \underset{22{\cdot}4\text{ লিটার (N. T. P.)}}{H_2}$$

$$\underset{\substack{2\times 22{\cdot}4\\=44{\cdot}8\text{ লি. (N. T. P.)}}}{2H_2} + \underset{22{\cdot}4}{O_2} \rightarrow 2H_2O$$

উপরের সমীকরণ হইতে পাই, 65·3 গ্রাম জিঙ্ক N. T. P.-তে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

∴ 25 গ্রাম জিঙ্ক N. T. P.-তে $\frac{22\cdot4\times25}{65\cdot3}$ লিটার বা 8·6 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে।

আবার N. T. P.-তে 44·8 লিটার হাইড্রোজেন 22·4 লিটার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে।

N. T. P.-তে 8·6 লিটার হাইড্রোজেন $\frac{22\cdot4\times8\cdot6}{44\cdot8}$ লিটার অক্সিজেন বা 4·3 লিটার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিবে।

ধরা যাক, N. T. P.-তে 4·3 লিটার অক্সিজেনের আয়তন, 27°C উষ্ণতা এবং 750 মিমি. চাপে V লিটার

$$\therefore \quad \frac{4\cdot3\times760}{273}=\frac{750\times V}{300}$$

বা, $V=\frac{4\cdot3\times300\times760}{273\times750}$ লিটার=4·78 লিটার

∴ অক্সিজেনের নির্ণেয় আয়তন=4·78 লিটার।

B. রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে আয়তন-সংক্রান্ত গণনা

যে-সকল বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় সেই সকল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে আয়তন-সংক্রান্ত গণনা করা হয়। গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় আয়তন-সংক্রান্ত গণনা করিবার জন্য আমাদিগকে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হইবে।

(i) রাসায়নিক সমীকরণটি সঠিক এবং সম্পূর্ণভাবে লিখিতে হইবে।

(ii) **অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প :** সমচাপ ও উষ্ণতায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু বর্তমান। অর্থাৎ যে-কোন একটি সমতাপ্রাপ্ত সমীকরণে গ্যাসের অণুগুলির অনুপাত উহাদের আয়তনের অনুপাতের সমান।

(iii) **গ্রাম-আণবিক আয়তন :** প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (N. T. P.= 0°C 760 mm) এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার।

(iv) রাসায়নিক সমীকরণে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনগুলি উহাদের সঙ্কেতের নীচে লিখিতে হইবে।

(v) বিক্রিয়া শেষে আয়তনের হ্রাস বৃদ্ধি হইতেছে কিনা লক্ষ্য রাখিতে হইবে।

(vi) প্রত্যেকটি আয়তনের ক্ষেত্রে একই একক ব্যবহার করিতে হইবে। আমরা জানি যে, কতকগুলি গ্যাসীয় বিক্রিয়া আছে যেগুলির ক্ষেত্রে বিক্রিয়াশেষে আয়তন সমান থাকে। আবার কতকগুলি ক্ষেত্রে বিক্রিয়াশেষে আয়তন সঙ্কোচন

হয় এবং কতকগুলি ক্ষেত্রে বিক্রিয়াশেষে আয়তন বৃদ্ধি হয়। এই বিক্রিয়াগুলি এক একটি করিয়া নিম্নে আলোচনা করা হইল :

(i) $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

1 মোল + 1 মোল → 2 মোল

1 আয়তন + 1 আয়তন → 2 আয়তন

এই বিক্রিয়ায় আয়তনের হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় নাই

(ii) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

2 মোল + 1 মোল → 2 মোল

2 আয়তন + 1 আয়তন → 2 আয়তন

এই বিক্রিয়া যদি 100°C-এর উপরে ঘটানো হয় তাহা হইলে আয়তনের হ্রাস হইবে 1 একক (3−2=1)। আবার 100°C-এর নীচে জলীয় বাষ্প তরল জলে পরিণত হইবে এবং জলের আয়তন নগণ্য বলিয়া উহার মান শূন্য ধরা যাইতে পারে। সুতরাং 100°C-এর নীচে বিক্রিয়াটি ঘটিলে অথবা 100°C-এর উপরে বিক্রিয়াটি ঘটাইয়া পরে বিক্রিয়াজাত পদার্থকে শীতল করিলে আয়তন হ্রাস হইবে 3 একক (3−0=3)।

(iii) $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

4 মোল + 5 মোল → 4 মোল + 6 মোল

4 আয়তন + 5 আরতন → 4 আয়তন + 6 আয়তন 100°C-এর উপরে

4 আয়তন + 5 আয়তন → 4 আয়তন + 0 আয়তন 100°C-এর নীচে

সুতরাং এই বিক্রিয়ায় 100°C-এর উপরে আয়তন বৃদ্ধি 1 একক (4+6−4−5 =1)। আবার 100°C-এর নীচে আয়তন হ্রাস 5 একক (4+5−4=5)।

সুবিধার জন্য আয়তন-সংক্রান্ত গণনাকে নিম্নলিখিত কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হইয়া থাকে :

(a) সাধারণ গ্যাসীয় বিক্রিয়া-সংক্রান্ত গণনা ; (b) আয়তন-সংক্রান্ত গণনার সাহায্যে গ্যাস মিশ্রণের আয়তনগত সংযুক্তি নির্ণয় ; (c) অজৈব গ্যাস এবং গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

(a) সাধারণ গ্যাসীয় বিক্রিয়া-সংক্রান্ত গণনা :

উদাহরণ 1. N. T. P.-তে 50 মিলি. হাইড্রোজেনের সহিত 10 মিলি. অক্সিজেন মিশ্রিত করা হইল। অতঃপর মিশ্রণটিতে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের পর মিশ্রণটিকে N. T. P.-তে আনা হইল। বিক্রিয়াশেষে কোন গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে কি? যদি থাকে, তাহার আয়তন কত?

সমাধান : $2H_2 \quad + O_2 \rightarrow 2H_2O$

2 আয়তন + 1 আয়তন → 0 আয়তন

2×10 মিলি. + 10 মিলি. → 0 মিলি.

∴ 10 মিলি. অক্সিজেন 20 মিলি হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিবে।

20 মিলি. হাইড্রোজেন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিবে এবং (50 − 20) মিলি. বা 30 মিলি. হাইড্রোজেন অবশিষ্ট থাকিবে।

উদাহরণ 2. লোহিত তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া 500 মিলি. CO_2 প্রবাহিত করা হইল। বিক্রিয়াশেষে মোট আয়তন 700 মিলি হইল। সকল আয়তন N. T. P.-তে মাপা হইয়া থাকিলে বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত গ্যাস মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি বাহির কর।

সমাধান : $CO_2 \quad + C \rightarrow 2CO$

1 আয়তন → 2 আয়তন

∴ আয়তন বৃদ্ধি = (2 − 1) বা, 1 একক

এই ক্ষেত্রে আয়তন বৃদ্ধি = (700 − 500) মিলি = 200 মিলি.

সমীকরণ হইতে পাই,

1 মিলি. আয়তন বৃদ্ধির জন্য ব্যবহৃত CO_2-এর আয়তন 1 মিলি.

∴ 200 " " " " " " 200 "

∴ 200 " CO_2 বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়াছে।

∴ অবশিষ্ট CO_2-এর আয়তন = (500 − 200) মিলি. বা, 300 মিলি.

আবার, 1 মিলি. CO_2 2 মিলি., CO উৎপন্ন করে

∴ 200 " " 400 মিলি. " "

সুতরাং নির্ণেয় সংযুতি CO_2 = 300 মিলি., CO = 400 মিলি.

উদাহরণ 3. N. T. P.-তে 10 মিলি. ইথিলিনের (C_2H_4) সহিত 40 মিলি. অক্সিজেন মিশ্রিত করা হইল। অতঃপর এই মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত গ্যাস মিশ্রণের S. T. P.-তে মোট আয়তন এবং আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর।

সমাধান : $C_2H_4 \quad + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 \quad + 2H_2O$

1 আয়তন + 3 আয়তন → 2 আয়তন + 0 আয়তন

∴ 10 মিলি. + 30 মিলি. → 20 মিলি. + 0 মিলি.

∴ অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন = 10 মিলি.

3 মিলি. অক্সিজেন হইতে 2 মিলি. CO_2 উৎপন্ন হয়

∴ 30 " " " 20 মিলি. CO_2 " "

∴ বিক্রিয়াশেষে গ্যাস মিশ্রণের মোট আয়তন = (20 + 10) মিলি.

= 30 মিলি (উৎপন্ন জলের আয়তন অগ্রাহ্য করা হইয়াছে)

মিশ্রণে CO_2-এর আয়তন = 20 মিলি. এবং অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন = 10 মিলি.

উদাহরণ 4. N. T. P.-তে 100 ঘন সেন্টিমিটার ইথিলিনকে সম্পূর্ণ দহন করিতে কত আয়তন অক্সিজেনের প্রয়োজন ? [Punjab, 1953]

সমাধান : $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$

1 আয়তন + 3 আয়তন

সমীকরণ হইতে পাই,

1 আয়তন C_2H_4-এর জন্য 3 আয়তন O_2 প্রয়োজন

∴ 100 মিলি. ,, ,, 300 ,, ,,

∴ 100 মিলি. C_2H_4-কে পূর্ণ দহনের জন্য N. T. P.-তে 300 মিলি. অক্সিজেন প্রয়োজন

(b) গ্যাসমিশ্রণের আয়তন গত সংযুতি নির্ণয় :

উদাহরণ 1. একটি কোল (coal) গ্যাসের নমুনাতে 45% হাইড্রোজেন 30% মিথেন (CH_4), 20% কার্বন মনোক্সাইড (CO) এবং 5% অ্যাসিটিলিন আছে। এই নমুনার 180 মিলি. 300 মিলি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন পদার্থ প্রাথমিক উষ্ণতা ও চাপে আনা হইল। বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত গ্যাস মিশ্রণের মোট আয়তন কত হইবে? মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুক্তি নির্ণয় কর।

সমাধান : 180 মিলি. কোল গ্যাসে

হাইড্রোজেনের আয়তন $= 180 \times \frac{45}{100} = 81$ মিলি.

মিথেনের ,, $= 180 \times \frac{30}{100} = 54$ মিলি.

CO-এর আয়তন $= 180 \times \frac{20}{100} = 36$ মিলি.

অ্যাসিটিলিনের আয়তন $= 180 \times \frac{5}{100} = 9$ মিলি.

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

2 আয়তন + 1 আয়তন → 0 আয়তন

81 মিলি. + 40·5 মিলি. → 0 মিলি.

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

1 আয়তন + 2 আয়তন → 1 আয়তন + 0 আয়তন

54 মিলি. + 108 মিলি. → 54 মিলি. + 0 মিলি.

$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

2 আয়তন + 1 আয়তন → 2 আয়তন

36 মিলি. + 18 মিলি. → 36 মিলি.

$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$

2 আয়তন + 5 আয়তন → 4 আয়তন + 0 আয়তন

9 মিলি. + 22·5 মিলি. → 18 মিলি. + 0 মিলি.

ব্যবহৃত অক্সিজেনের মোট আয়তন = (40·5 + 108 + 18 + 22·5) মিলি.

= 189 মিলি.

∴ অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন=(300−189) মিলি.=111 মিলি.

উৎপন্ন CO_2-এর মোট আয়তন=(54+36+18) মিলি.=108 মিলি.

∴ গ্যাস-মিশ্রণের মোট আয়তন=(108+111) মিলি.=219 মিলি.

উদাহরণ 2. হাইড্রোজেন ও অ্যাসিটিলিনের একটি মিশ্রণের 30 মিলিলিটার-কে সম্পূর্ণ দহন করিতে 39 মিলি. অক্সিজেন প্রয়োজন। মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরা যাক, হাইড্রোজেনের আয়তন=x মিলি.

∴ অ্যাসিটিলিনের আয়তন=$(30-x)$ মিলি.

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

x মিলি. + $\frac{x}{2}$ মিলি. → 0 মিলি.

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

$(30-x)$ মিলি. + $\frac{5}{2}\times(30-x)$ মিলি. → $2(30-x)$ মিলি. + 0 মিলি.

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের মোট আয়তন=$\frac{x}{2}$ মিলি. + $\frac{5}{2}(30-x)$ মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $\frac{x}{2}+\frac{5}{2}(30-x)=39$

∴ $x=18$ এবং $30-x=12$

∴ হাইড্রোজেনের আয়তন=18 মিলি.

অ্যাসিটিলিনের " =12 মিলি.

উদাহরণ 3. কার্বন মনোক্সাইড এবং অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণের 40 মিলি. লইয়া উহার সহিত 100 মিলি. অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিক্রিয়াশেষে গ্যাস মিশ্রণটিকে প্রাথমিক উষ্ণতায় লইয়া আসার পর দেখা গেল উহার আয়তন 104 মিলি.। অতঃপর এই আয়তনকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করার পর অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন দেখা গেল 48 মিলি. প্রাথমিক মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর। [দ্রষ্টব্য : KOH দ্রবণ CO_2 শোষণ করে।]

সমাধান : ধরা যাক, CO-এর আয়তন=x মিলি.

∴ অ্যাসিটিলিনের " =$(40-x)$ মিলি.

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

x মিলি. + $\frac{x}{2}$ মিলি. → x মিলি

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

$(40-x)$ মিলি. + $\frac{5}{2}(40-x)$ মিলি. → $2(40-x)$ + 0 মিলি.

বিক্রিয়া উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন=(104−48)=56 মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $x+2(40-x)=56$ ∴ $x=24$

∴ প্রাথমিক মিশ্রণটিতে CO-এর আয়তন 24 মিলি.

এবং অ্যাসিটিলিনের আয়তন (40−24) মিলি. বা, 16 মিলি. ছিল।

উদাহরণ 4. মিথেন (CH_4), ইথিলিন (C_2H_4) এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2)-এর একটি মিশ্রণের 20 মিলিলিটারের সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন যুক্ত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিস্ফোরণের পর মিশ্রণটিকে প্রাথমিক তাপমাত্রায় আনিয়া দেখা গেল আয়তন সঙ্কোচন ঘটিয়াছে। 32 মিলি. উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রণকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করার পর আরও 26 মিলি. আয়তন সঙ্কোচন হইল। প্রাথমিক মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি কি ছিল ?

সমাধান ঃ ধরা যাক, মিশ্রণটিতে CH_4, C_2H_4 এবং CO_2-এর আয়তন যথাক্রমে x মিলি., y মিলি. এবং z মিলি. ছিল।

1. $CH_4 \quad + 2O_2 \quad \rightarrow CO_2 \quad + 2H_2O$
   x মিলি. + $2x$ মিলি. → x মিলি. + 0 মিলি.
2. $C_2H_4 \quad + 3O_2 \quad \rightarrow 2CO_2 \quad + 2H_2O$
   y মিলি. + $3y$ মিলি. → $2y$ মিলি. + 0 মিলি

রাসায়নিক সমীকরণ হইতে পাই,

প্রথম সঙ্কোচন $=x+2x-x+y+3y-2y=(2x+2y)$ ml

উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন $=(x+2y)$ ml

$\therefore$ বিক্রিয়াশেষে CO_2-এর মোট আয়তন $=(x+2y+z)$ ml

$\therefore \quad x+y+z=20 \quad \cdots\cdots(1)$

$2x+2y=32 \quad \cdots\cdots(2)$

$x+2y+z=26 \quad \cdots\cdots(3)$

সমীকরণ তিনটি সমাধান করিয়া পাই, $x=10, y=6, z=4$

$\therefore$ প্রাথমিক মিশ্রণে CH_4-এর আয়তন = 10 মিলি.

C_2H_4-এর „ = 6 মিলি.

CO_2-এর „ = 4 মিলি.

উদাহরণ 5. CO, CH_4 এবং H_2-এর মিশ্রণের 100 মিলিলিটারের সহিত 300 মিলি. O_2 মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। শীতল করিবার পর প্রাপ্ত গ্যাস-মিশ্রণটির আয়তন দেখা গেল 285 মিলি., KOH দ্রবণ দ্বারা শোষণ করিবার পর অবশিষ্ট O_2-এর আয়তন দেখা গেল 205 মিলি.। গ্যাস মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি নির্ধারণ কর।

সমাধান ঃ গ্যাস মিশ্রণটির প্রাথমিক আয়তন = (300 + 100) মিলি.

= 400 মিলি.

$\therefore$ বিক্রিয়াশেষে প্রাথমিক সঙ্কোচন = (400 − 285) মিলি. = 115 মিলি.

বিক্রিয়া উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = (285 − 205) মিলি. = 80 মিলি.

ধরা যাক, মিশ্রণটিতে CO-এর আয়তন = x মিলি.

CH_4 „ „ = y „

H_2 „ „ = z „

(1) $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

x মিলি. + $\frac{x}{2}$ মিলি. → x মিলি.

(2) $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

y মিলি. + $2y$ মিলি. → y মিলি. + 0 মিলি.

(3) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

z মিলি. $\frac{z}{2}$ মিলি. → 0 মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $x+y+z=100$ ... (1)

$\frac{x}{2}+2y+\frac{3}{2}z=115$ ... (2)

$x+y=80$ ... (3)

সমীকরণ তিনটি সমাধান করিলে $x=50, y=30, z=20$

∴ সংযুতি $CO=50$ মিলি., $CH_4=30$ মিলি., $H_2=20$ মিলি.

উদাহরণ 6. H_2 এবং HCl-এর একটি গ্যাসীয় মিশ্রণের 50 মিলিলিটারে সোডিয়াম অ্যামালগাম যোগ করা হইল। ইহার ফলে আয়তন কমিয়া 42·5 মিলি. হইল। এই মিশ্রণের 100 মিলিলিটারের সহিত 50 মিলি. গ্যাসীয় NH_3 যোগ করিয়া মিশ্রণটি জলে চালিত করিবার পর প্রাপ্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে? সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। [I. I. T. 1972]

সমাধান: ধরা যাক, মিশ্রণে HCl-এর আয়তন x মিলি.

∴ " H_2 " " $(50-x)$ মিলি.

সোডিয়াম অ্যামালগামের সহিত HCl-এর বিক্রিয়া নিম্নের রাসায়নিক সমীকরণ অনুসারে ঘটে

$$2Na + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2$$

x মিলি $\frac{x}{2}$ মিলি.

বিক্রিয়ায় পর গ্যাসীয় আয়তন = হাইড্রোজেনের মোট আয়তন $=50-x+\frac{x}{2}$

প্রশ্নানুসারে, $50-x+\frac{x}{2}=42{\cdot}5$

বা, $50-\frac{x}{2}=42{\cdot}5$

বা, $\frac{x}{2}=7{\cdot}5$ বা, $x=15$

∴ প্রাথমিক মিশ্রণের 50 মিলিলিটারে 15 মিলি. HCl বর্তমান

∴ " " 100 " 30 " "

∴ " " 100 " (100 − 30) বা 70 মিলি. H_2 থাকিবে

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

1 মিলি. + 1 মিলি.

100 মিলি গ্যাস-মিশ্রণে 70 মিলি. H_2 অবশিষ্ট আছে। উদ্বৃত্ত HCl-এর সহিত অ্যামোনিয়া যে-কোন অনুপাতে মিশাইয়া জলে চালিত করিলে উৎপন্ন NH_4Cl এবং অতিরিক্ত HCl বা NH_3 জলে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং 70 মিলি. H_2 অদ্রবীভূত থাকিবে। সুতরাং প্রাপ্ত গ্যাসের আয়তন 70 মিলি হইবে।

উদাহরণ 7. CO এবং CO_2 গ্যাস দুইটির মিশ্রণের 30 মিলিলিটারের সহিত 10 মিলি. O_2 মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণকে শীতল করিয়া KOH দ্রবণে পরিচালিত করিয়া দেখা গেল 5 মিলি. O_2 অবশিষ্ট আছে। গ্যাস-মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর।

[Nagpur Inter]

সমাধান ঃ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত O_2-এর আয়তন $=(10-5)$ মিলি. $=5$ মিলি. এই বিক্রিয়ায় কেবলমাত্র CO, O_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিবে।

$$2CO \;\; + O_2 \;\; = 2CO_2$$

1 মিলি. $+\frac{1}{2}$ মিলি. 1 মিলি.

$\frac{1}{2}$ মিলি. O_2 বিক্রিয়া করে 1 মিলি. CO-এর সঙ্গে

∴ 5 „ O_2 „ „ 10 „ „ „

∴ মিশ্রণে উপস্থিত CO-এর আয়তন $=10$ মিলি.

এবং „ „ CO_2 „ „ $(30-10)$ মিলি. বা 20 মিলি.

উদাহরণ 8. H_2 ও O_2-এর একটি মিশ্রণের 40 মিলি. 18°C এবং 1 বায়ুমণ্ডলীর চাপে একটি গ্যাসবুরেটে রাখিয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা হইল। বিক্রিয়াশেষে বুরেটে একটি বিশুদ্ধ গ্যাস অবশিষ্ট রহিল এবং উহার আয়তন 18°C এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 10 মিলি. অবশিষ্ট গ্যাসটি H_2 হইলে প্রাথমিক আয়তনে H_2-এর শতকরা মোল সংখ্যা কত লিখ? [I. I. T. 1976]

সমাধান ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হইল :

$$2H_2(g) \; + O_2(g) \;\; \rightarrow 2H_2O(g)$$

2 আয়তন + 1 আয়তন → 2 আয়তন জলীয় বাষ্প

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসের মোট আয়তন $=(40-10)$ মিলি. $=30$ মিলি.

সমীকরণ হইতে বুঝা যাইতেছে যে, বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী মোট আয়তনের $\frac{2}{3}$ অংশ H_2 এবং $\frac{1}{3}$ অংশ O_2।

∴ এই ক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী H_2-এর আয়তন $=30\times\frac{2}{3}$ মিলি. বা 20 মিলি. এবং অক্সিজেনের আয়তন $=30\times\frac{1}{3}$ মিলি. $=10$ মিলি.।

∴ মূল মিশ্রণে H_2-এর আয়তন ছিল $(20+10)$ মিলি. বা 30 মিলি. এবং O_2-এর আয়তন ছিল 10 মিলি.। একই চাপ ও তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের গ্রাম আণবিক আয়তন সমান বলিয়া মূল মিশ্রণে H_2-এর মোলের শতকরা পরিমাণ

$$=\frac{30\times100}{40}=75$$

উদাহরণ 9. CO এবং CO_2-এর একটি মিশ্রণের 1 লিটার, একটি কাচনলে রাখা লোহিত তপ্ত চারকোলের উপর দিয়া প্রবাহিত করার ফলে 1·6 লিটার হইল। আয়তনগুলি সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর। [I. I. T. 1980]

সমাধান ঃ যদি মিশ্রণটিতে CO_2-এর আয়তন x মিলি. হয় তাহা হইলে CO-এর আয়তন $(1000-x)$ মিলি.।

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$
$$x \quad\quad \rightarrow 2x$$

∴ বিক্রিয়াশেষে CO-এর মোট আয়তন$=(1000-x)+2x$

প্রশ্নানুসারে, $1000-x+2x=1600$ ∴ $x=600$

∴ মিশ্রণটিতে 600 মিলি. CO_2 এবং 400 মিলি. CO ছিল।

উদাহরণ 10. N. T. P.-তে 1 লিটার H_2 এবং 1 লিটার O_2 2 লিটার আয়তনের একটি পাত্রে লওয়া হইল। অতঃপর তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে এই গ্যাস দুইটির মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হইল। পরিমাণগতভাবে জল উৎপন্ন হইলে কত গ্রাম জল উৎপন্ন হইয়াছে? বিক্রিয়াজাত মিশ্রণটিতে জল ছাড়া অপর উপাদানটি কি? এই উপাদানটির ওজন কত? এখন যদি পাত্রটিকে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয় তবে পাত্রটির অভ্যন্তরে কত মিমি. চাপ সৃষ্টি হইবে? (R=0·082)
[I. I. T. 1976]

সমাধান ঃ বিক্রিয়াটির রাসায়নিক সমীকরণ হইল

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

2 আয়তন + 1 আয়তন → 2 আয়তন জলীয় বাষ্প

বা, 0 আয়তন জল N. T. P.-তে

∴ N. T. P.-তে 1 লিটার $H_2 + \frac{1}{2}$ লিটার অক্সিজেন → 1 লিটার জলীয় বাষ্প
(জল যদি বাষ্প অবস্থায় থাকে)

∴ " 1 লিটার জলীয় বাষ্পের ওজন$=\dfrac{18\times 1}{22\cdot 4}$ গ্রাম$=0\cdot 8035$ গ্রাম

∴ N. T. P.-তে $\frac{1}{2}$ লিটার O_2 অবশিষ্ট থাকিবে

অবশিষ্ট O_2-এর ওজন$=\dfrac{32\times 1}{22\cdot 4\times 2}=0\cdot 7143$ গ্রাম

100°C-এ জল বাষ্পে পরিণত হইবে, সুতরাং উহাও পাত্রে চাপ সৃষ্টি করিবে। সুতরাং মোট চাপ O_2 এবং জলীয় বাষ্পের চাপ।

অবশিষ্ট O_2 এবং জলীয় বাষ্পের মোট মোল সংখ্যা $=\dfrac{1}{22\cdot 4\times 2}+\dfrac{1}{22\cdot 4}$
$=0\cdot 0669$

আমরা জানি, PV=n. R. T.

$$P=\frac{0\cdot 0669\times 0\cdot 082\times 373}{2} \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}$$
$$=1\cdot 0231 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}=777\cdot 6 \text{ মিমি.}$$

উদাহরণ 11. 25 মিলি. নাইট্রোজেন এবং নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের একটি মিশ্রণ তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালনা করা হইল এবং ইহার ফলে যে-গ্যাস

পাওয়া গেল, দেখা গেল যে, উহার আয়তন 20 মিলি.। মূল মিশ্রণটির উপাদান দুইটির শতকরা হিসাবে পরিমাণ নির্ণয় কর। সমস্ত গ্যাসকে একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হইয়াছিল। [Tripura H. S. 1983]

সমাধান : N_2 কপারের সহিত বিক্রিয়া করিবে না। NO কপারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া N_2 এবং CuO উৎপন্ন করিবে।

$$2NO + 2Cu = 2CO + N_2$$
$$x \text{ c.c.} \qquad \tfrac{x}{2} \text{ c.c.}$$

ধরা যাক, মিশ্রণটিতে NO-এর আয়তন x মিলি.। অতএব N_2-এর আয়তন $(25-x)$ c.c.। x মিলি. NO হইতে $\frac{x}{2}$ মিলি. N_2 উৎপন্ন হয়। প্রশ্নানুসারে বিক্রিয়াশেষে মোট আয়তন=প্রাথমিক মিশ্রণে N_2-এর আয়তন+ উৎপন্ন নাইট্রোজেনের আয়তন=20 মিলি.

$$\therefore \; 25-x+\tfrac{x}{2}=20$$
বা, $25-\frac{x}{2}=20$ বা, $\frac{x}{2}=5$ $\therefore$ $x=10$

$\therefore$ প্রাথমিক মিশ্রণে NO-এর আয়তন 10 মিলি. এবং N_2-এর আয়তন $(25-10)$ মিলি.$=15$ মিলি.

$\therefore$ প্রাথমিক মিশ্রণে N_2-এর পরিমাণ$=\frac{15 \times 100}{25}\%=60\%$

এবং " " NO " " $=40\%$

(c) অজৈব গ্যাস এবং গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় :

(i) অজৈব গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় :

উদাহরণ 1. 20 মিলি. শুষ্ক অ্যামোনিয়াকে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা বিয়োজিত করা হইল। বিয়োজনের ফলে প্রাপ্ত গ্যাসীয় মিশ্রণের আয়তন দেখা গেল 40 মিলি.। ইহার সহিত 20 মিলি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। শীতল করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 15 মিলি. হইলে অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান : দ্বিতীয়বার বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠানোর পর আয়তনের সঙ্কোচন $=(40+20-15)$ মিলি.$=45$ মিলি.। এই সঙ্কোচন ঘটিয়াছে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল গঠন করার জন্য। যেহেতু বিক্রিয়াশেষে গ্যাস মিশ্রণটিকে শীতল করা হইয়াছে, সেইহেতু উৎপন্ন জল তরল অবস্থায় থাকিবে এবং উহার আয়তন নগণ্য হইবে

$$2H_2 \quad + O_2 \quad \rightarrow 2H_2O$$
2 আয়তন + 1 আয়তন → 0 আয়তন

$\therefore$ সঙ্কোচন$=(2+1-0)=3$ একক

$\therefore$ 3 মিলি. সঙ্কোচন হইলে হাইড্রোজেনের আয়তন 2 মিলি.

$\therefore$ 45 মিলি. " " " " $45 \times \frac{2}{3}$ মিলি.$=30$ মিলি.

∴ উৎপন্ন নাইট্রোজেনের আয়তন=(40−30) মিলি.=10 মিলি.

∴ 10 মিলি. নাইট্রোজেন+30 মিলি. হাইড্রোজেন→20 মিলি. অ্যামোনিয়া

বা, 1 মিলি. " +3 মিলি. " → 2 মিলি. "

অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুসারে,

সমচাপ ও তাপমাত্রায় একক আয়তনে x সংখ্যক অণু থাকিলে

বা, x অণু নাইট্রোজেন+$3x$ অণু হাইড্রোজেন →$2x$ অণু অ্যামোনিয়া

বা, 1 " " +3 " " →2 " "

বা, $\frac{1}{2}$ " " +$\frac{3}{2}$ " " →1 " "

যেহেতু নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন দ্বিপরমাণুক গ্যাস

∴ 1 পরমাণু নাইট্রোজেন +3 পরমাণু হাইড্রোজেন→ 1 অণু অ্যামোনিয়া

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত=NH_3

উদাহরণ 2. 17 মিলি. নাইট্রিক অক্সাইডকে আয়রনের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। শীতল করিবার পর উৎপন্ন নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তন দেখা গেল 8·5 মিলি., নাইট্রিক অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 15। নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান : 17 মিলি. নাইট্রিক অক্সাইড হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেন 8·5 মিলি.

∴ 1 মিলি " " " " " $\frac{1}{2}$ মিলি.

বা, x অণু " " " " " $\frac{x}{2}$ অণু

(অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প)

বা, 1 অণু " " " " " $\frac{1}{2}$ অণু

আমরা জানি, নাইট্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক

∴ 1 অণু নাইট্রিক অক্সাইডে নাইট্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা 1

∴ নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত NO_x

নাইট্রিক অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব=15

∴ " " আণবিক ওজন=$2\times15=30$

প্রশ্নানুসারে, $14+16x=30$ ∴ $x=1$

∴ নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত=NO

উদাহরণ 3. একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে ক্লোরিন এবং ক্লোরিনের একটি অক্সাইড সম-আয়তনে মিশ্রিত আছে। এই মিশ্রণের 60 মিলি. লইয়া উত্তপ্ত করা হইল এবং পরে শীতল করিয়া প্রাথমিক উষ্ণতায় আনার পর উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন হইল 75 মিলি.। এই গ্যাস NaOH দ্রবণে পরিচালিত করার পর আয়তন 15 মিলিলিটারে সঙ্কুচিত হইল। সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়া থাকিলে ক্লোরিনের অক্সাইডের সঙ্কেত কি হইবে? (ক্লোরিন অক্সাইডটি উত্তপ্ত করিলে পরিমাণগত ভাবে ক্লোরিন এবং অক্সিজেনে ভাঙিয়া যায়।) [I. I. T. 1971]

সমাধান : ধরা যাক, ক্লোরিনের অক্সাইডের সঙ্কেত=Cl_xO_y

উত্তপ্ত করিবার পূর্বে ক্লোরিনের আয়তন $=30$ মিলি.

" " " Cl_xO_y-এর " $=30$ মিলি.

ক্লোরিন NaOH দ্বারা শোষিত হয়

∴ NaOH দ্রবণে চালিত করিবার পর আয়তন সঙ্কোচন $=(75-15)$ মিলি.

$=60$ মিলি. $=$ বিক্রিয়াশেষে ক্লোরিনের মোট আয়তন।

∴ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ক্লোরিনের পরিমাণ $=(60-30)$ মিলি. $=30$ মিলি.

এবং উৎপন্ন অক্সিজেনের পরিমাণ, $=(75-60)$ মিলি. $=15$ মিলি.

$$\underset{30}{Cl_xO_y} = \tfrac{x}{2}\underset{30}{Cl_2} + \tfrac{y}{2}\underset{15}{O_2}$$

∴ 30 মিলি. ক্লোরিন $+15$ মিলি. অক্সিজেন $=30$ মিলি. Cl_xO_y

2 মিলি. " $+1$ মিলি. " $=2$ মিলি. "

$2x$ অণু " $+x$ অণু " $=2x$ অণু "

বা, 2 অণু " $+1$ অণু " $=2$ অণু "

[অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প]

বা, 1 অণু ক্লোরিন $+\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন $=1$ অণু Cl_xO_y

বা, 2 পরমাণু ক্লোরিন $+1$ পরমাণু অক্সিজেন $=1$ অণু C_xO_y

[ক্লোরিন এবং অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক]

∴ $x=2, \quad y=1$

∴ অক্সাইডটির সঙ্কেত $=Cl_2O$

উদাহরণ 4. হাইড্রোজেন সালফাইডের কিছু আয়তন একটি বাঁকানো কাচ নলে মারকারির উপর আবদ্ধ করিয়া ধাতব টিনসহ উত্তপ্ত করা হইল। অতঃপর ইহাকে শীতল করিয়া দেখা গেল যে, আয়তনের কোনও পরিবর্তন হয় নাই। হাইড্রোজেন সালফাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 17 হইলে ইহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে?

সমাধান: হাইড্রোজেন সালফাইড টিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া টিন সালফাইড এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। প্রশ্নানুসারে, সমচাপ ও তাপমাত্রায়,

V c.c. হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে V c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়

1 c.c. " " " 1 c.c. " " "

x অণু " " " x অণু " " "

1 অণু " " " 1 অণু " " "

1 অণু " " " 2 পরমাণু " " "

∴ হাইড্রোজেন সালফাইডের সঙ্কেত H_2S_x ($x=$ অজ্ঞাত সংখ্যা)

ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব $=17$

∴ " আণবিক ওজন $=17\times2=34$

সুতরাং, $32x+2=34$ ∴ $x=1$

∴ হাইড্রোজেন সালফাইডের আণবিক সঙ্কেত H_2S

উদাহরণ 5. 154°C উষ্ণতায় নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইডের 20 মিলি. উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। ইহার ফলে 10 মিলি. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইল। অক্সাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 23। 154°C উষ্ণতায় অক্সাইডটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ 20 মিলি. অক্সাইড হইতে 10 মিলি. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়

বা, 2 " " " 1 " " " "

বা, $2x$ অণু " " x অণু " " "

বা, 2 " " " 1 " " " "

বা, 2 " " " 2 পরমাণু " " "

বা, 1 " " " 1 " " " "

[∵ নাইট্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক]

∴ অক্সাইডটির সঙ্কেত NO_x [যখন x=অজ্ঞাত সংখ্যা।]

ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব=23

∴ " আণবিক ওজন=$23\times2=46$

∴ $14+16x=46$ বা, $16x=32$ ∴ $x=2$

∴ অক্সাইডটির আণবিক সঙ্কেত NO_2

উদাহরণ 6. একটি গ্যাসের 50 আয়তনের সহিত 70 আয়তন অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটাইলে 50 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। অতঃপর ইহাকে KOH দ্রবণের মধ্যে চালনা করিলে দেখা যায় যে, অবশিষ্ট গ্যাস অক্সিজেন এবং উহার আয়তন 45, গ্যাসটি কি?

সমাধান ঃ ব্যবহৃত গ্যাসের আয়তন=50

" অক্সিজেনের " =70

উদ্বৃত্ত " " =45

∴ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন=$70-45=25$

উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড=50 আয়তন

∴ 50 আয়তন গ্যাস+25 আয়তন অক্সিজেন → 50 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড

∴ 1 " " + $\frac{1}{2}$ " " → 1 " "

বা, 1 অণু " + $\frac{1}{2}$ অণু " → 1 অণু "

∴ 1 " " + 1 পরমাণু " → 1 " "

কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্কেত CO_2। সুতরাং, গ্যাসটির একটি অণুতে একটি পরমাণু C এবং এক পরমাণু অক্সিজেন বর্তমান।

∴ গ্যাসটি CO অর্থাৎ কার্বন-মনোক্সাইড।

উদাহরণ 7. উচ্চ তাপমাত্রায় S_4N_4 যৌগটি সম্পূর্ণভাবে সালফার বাষ্প এবং N_2-তে বিয়োজিত হয় এবং 1 আয়তন S_4N_4 হইতে 2·5 আয়তন

গ্যাস-মিশ্রণ উৎপন্ন হয় (সমচাপ ও তাপমাত্রায়)। সালফার বাষ্পের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1970]

সমাধান : N_4S_4 → সালফার বাষ্প + $2N_2$

1 আয়তন → মোট 2·5 আয়তন

∴ 1 অণু → মোট 2· 5 অণু

কিন্তু নাইট্রোজেন অণুর সংখ্যা=2 অণু

∴ সালফার বাষ্পের „ „ =(2·5−2)=0·5

½ অণু সালফার বাষ্প=4 পরমাণু সালফার

1 „ „ „ =8 „ „

∴ ইহার সঙ্কেত S_8

(ii) গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় : কার্বন এবং হাইড্রোজেনের যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলা হয়। হাইড্রোকার্বনকে অক্সিজেন সহযোগে দহন করিলে কার্বন, CO_2 উৎপন্ন করে, হাইড্রোজেন, জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াগুলি উচ্চ তাপমাত্রায় হয় এবং সেই সময়ে জল বাষ্পরূপে থাকে। পরে তাপমাত্রা ল্যাবরেটরীর তাপমাত্রায় আসিলে জলীয় বাষ্প তরল হইয়া যায় এবং উহার আয়তন নগণ্য বলিয়া উহাকে অগ্রাহ্য করা হয়। মনে রাখিতে হইবে আয়তনগুলি সাধারণত ল্যাবরেটরীর উষ্ণতায় মাপা হয়। KOH দ্রবণে শোষণ করিয়া উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন মাপা হয়। নিম্নলিখিত তিনটির মধ্যে যে-কোনও দুইটি জানা থাকিলে এই প্রকার অঙ্ক সমাধান করা সম্ভব।

(1) দহনের ফলে আয়তন সঙ্কোচন। (ইহাকে প্রথম সঙ্কোচন বলা হয়)

(2) উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন। (KOH দ্রবণে পরিচালিত করিয়া আয়তন সঙ্কোচন হইতে ইহা মাপা হয়। ইহাকে দ্বিতীয় সঙ্কোচন বলা হয়)।

(3) বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণকারী অক্সিজেনের মোট আয়তন। (বিক্রিয়ার পূর্বে মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন হইতে বিক্রিয়াশেষে উদ্বৃত্ত অক্সিজেন বিয়োগ করিয়া এই আয়তন নির্ণয় করা হয়)।

হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত C_xH_y হইলে এই বিক্রিয়ার সাধারণ রাসায়নিক সমীকরণ হইল :

$$C_xH_y + (x+\tfrac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2 + \tfrac{y}{2}H_2O$$

$$V \text{ মিলি.} + (x+\tfrac{y}{4})V \text{ মিলি.} \rightarrow x\times V + 0 \text{ মিলি.}$$

(বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী হাইড্রোকার্বনের আয়তন V মিলি.)

(i) প্রথম সঙ্কোচন $=V+(x+\tfrac{y}{4})V-xV$

$=V+Vx+\tfrac{y}{4}V-Vx=V(1+\tfrac{y}{4})$ মিলি.

(ii) দ্বিতীয় সঙ্কোচন $=x\times V$

(iii) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অক্সিজেনের আয়তন $=(x+\tfrac{y}{4})V$

x এবং y দুইটি অজ্ঞাত সংখ্যা উপরে উল্লিখিত যে-কোন দুইটি সমীকরণ হইতে নির্ণয় করা সম্ভব।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 10 মিলি. 33 মিলি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করি ইউডিয়োমিটার টিউবে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। শীতল করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন দেখা গেল 28 মিলি.। KOH দ্রবণে ইহাকে পরিচালিত করিলে আয়তন 8 মিলিলিটারে পরিণত হইল। হাইড্রো-কার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরা যাক, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_xH_y

$C_xH_y \;+\; (x+\frac{y}{4})O_2 \;\rightarrow\; xCO_2 \;+\; \frac{y}{2}\,H_2O$

10 মিলি. $(x+\frac{y}{4}) \times 10$ মিলি $\rightarrow 10x$ মিলি. $+$ 0 মিলি.

প্রথম সঙ্কোচন $=(33+10-28)$ মিলি. $=15$ মিলি.

দ্বিতীয় সঙ্কোচন $=$ উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন $=(28-8)$ মিলি. $=20$ মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $(1+\frac{y}{4})\times 10=15$ বা, $y=2$

$10x=20 \quad \therefore\; x=2$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত $=C_2H_2$

উদাহরণ 2. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 20 মিলি. অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া ইউডিয়োমিটার টিউবে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। অতঃপর শীতল করিয়া দেখা গেল যে, আয়তনের সঙ্কোচন ঘটিয়াছে 40 মিলি.। অবশিষ্ট গ্যাসকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিবার পর আরও 40 মিলি. সঙ্কোচন হইল। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। হাইড্রোকার্বনটির নাম কি?

সমাধান ঃ ধরা যাক, হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত C_xH_y

$C_xH_y+(x+\frac{y}{4})O_2 \;\rightarrow xCO_2 \;+\frac{y}{2}H_2O$

20 মিলি. $(x+\frac{y}{4})\times 20$ মিলি. $\rightarrow 20x$ মিলি $+$ 0 মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $(1+\frac{y}{4})\times 20=40 \quad \therefore\; y=4$

$20x=40 \quad \therefore\; x=2$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_2H_4

ইহা ইথিলিন।

উদাহরণ 3. 20 মিলি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। শীতল করিবার ফলে 60 মিলি. আয়তন সঙ্কোচন হইল। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 22। ইহার আণবিক সঙ্কেত বাহির কর।

সমাধান ঃ যদি হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত C_xH_y হয়

$\therefore\; C_xH_y \;+\; (x+\frac{y}{4})O_2 \;\rightarrow\; xCO_2 \;+\; \frac{y}{2}H_2O$

20 মিলি. $(x+\frac{y}{4})\times 20$ মিলি. $\rightarrow 20x$ মিলি $+$ 0 মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $20(1+\frac{y}{4})=60$ বা, $y=8$

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_xH_8

∴ আণবিক ওজন $=12x+8$

ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব $=22$

∴ ,, আণবিক ওজন $=44$

$12x+8=44$ ∴ $x=3$

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_3H_8

উদাহরণ 4. (a) N. T. P.-তে 1·12 লিটার একটি হাইড্রোকার্বনকে বাতাসে সম্পূর্ণরূপে দহন করিয়া 2·2 গ্রাম CO_2 এবং 1·8 গ্রাম H_2O পাওয়া যায়। যৌগটির ওজন নির্ণয় কর এবং ইহার দহনের জন্য N. T. P.-তে কত আয়তন O_2 প্রয়োজন? হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত বাহির কর।

(b) 200 মিলিগ্রাম CO_2 হইতে 10^{21} অণু অপসারিত করা হইল। কত মোল CO_2 অবশিষ্ট রহিল। [I. I. T. 1978]

সমাধান ঃ (a) CO_2-এর আণবিক ওজন $=44$

2·2 গ্রাম CO_2-এর কার্বনের পরিমাণ $=\frac{12\times2\cdot2}{44}$ গ্রাম $=0\cdot6$ গ্রাম

জলের আণবিক ওজন $=18$

∴ 1·8 গ্রাম জলে হাইড্রোজেনের পরিমাণ $=\frac{2\times1\cdot8}{18}$ গ্রাম $=0\cdot2$ গ্রাম

∴ 2·2 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ

$=(2\cdot2-0\cdot6)$ গ্রাম $=1\cdot6$ গ্রাম

1·8 গ্রাম জলে অক্সিজেনের পরিমাণ $=(1\cdot8-0\cdot2)$ গ্রাম $=1\cdot6$ গ্রাম

∴ প্রদত্ত পরিমাণ হাইড্রোকার্বনটি দহনের জন্য প্রয়োজনীয় O_2-এর পরিমাণ

$=(1\cdot6+1\cdot6)$ গ্রা. $=3\cdot2$ গ্রাম

$=2\cdot24$ লিটার N. T. P.-তে (∵ N. T. P.-তে 32 গ্রাম অক্সিজেন $=22\cdot4$ লিটার)

হাইড্রোকার্বনটির ওজন $=(0\cdot6+0\cdot2)$ গ্রাম $=0\cdot8$ গ্রাম

∴ N. T. P.-তে 1·12 লিটার হাইড্রোকার্বনের ওজন $=0\cdot8$ গ্রাম

∴ ,, 22·4 ,, ,, ,, $\frac{0\cdot8\times22\cdot4}{1\cdot12}$ গ্রাম

$=16$ গ্রাম

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক ওজন $=16$

হাইড্রোকার্বনটিতে $=C:H=\frac{0\cdot6}{12}:\frac{0\cdot2}{1}=1:4$

∴ হাইড্রোকার্বনটিতে আণবিক সঙ্কেত $(CH_4)_x$ ($x=$ অজ্ঞাত সংখ্যা)

$(12+4)x=16$ ∴ $x=1$

∴ হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত CH_4

(b) 44 গ্রাম $CO_2 = 1$ মোল CO_2

200 মিলিগ্রাম $CO_2 = \frac{0.2}{44}$ মোল $CO_2 = 0.0045$ মোল CO_2

6.023×10^{23} অণু $CO_2 = 1$ মোল CO_2

$\therefore$ 10^{21} ,, $CO_2 = \frac{1 \times 10^{21}}{6.023 \times 10^{23}}$ মোল $= 0.0017$ মোল CO_2

$\therefore$ অবশিষ্ট CO_2-এর পরিমাণ $= (0.0045 - 0.0017)$ মোল $= 0.0028$ মোল

উদাহরণ 5. C, H এবং Cl আছে এমন একটি উদ্বায়ী যৌগের 0·220 গ্রাম, O_2-এ দহনের ফলে, 0·195 গ্রাম CO_2 এবং 0·0804 গ্রাম H_2O উৎপন্ন করে। 105°C উষ্ণতায় এবং 768 মিলি. চাপে যৌগটির 0·12 গ্রামের আয়তন 37·24 মিলি.। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1978]

সমাধান ঃ 0·195 গ্রাম CO_2-এ C-এর পরিমাণ $= \frac{12 \times 0.195}{44}$ গ্রাম

$= 0.0531$ গ্রাম

0·0804 গ্রাম জলে H_2-এর পরিমাণ $= \frac{2 \times 0.0804}{18}$ গ্রাম $= 0.0089$ গ্রাম

$\therefore$ 0·22 গ্রাম যৌগে C-এর পরিমাণ 0·0531 গ্রাম এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণ 0·0089 গ্রাম

$\therefore$ 0·22 গ্রাম যৌগে Cl-এর পরিমাণ $= 0.22 - (0.0531 + 0.0089) = 0.158$

$\therefore$ যৌগটিতে C-এর শতকরা ভাগ $= \frac{0.0531 \times 100}{0.22} = 24.13\%$

H ,, ,, ,, $= \frac{0.0089 \times 100}{0.22} = 4.04\%$

Cl ,, ,, ,, $= \frac{0.158 \times 100}{0.22} = 71.8\%$

ধরা যাক, 0·12 গ্রাম যৌগের N. T. P.-তে আয়তন = V মিলি.

$$\therefore \frac{V \times 760}{273} = \frac{37.24 \times 768}{378}$$

বা, $V = \frac{37.24 \times 768 \times 273}{378 \times 760} = 27.18$ মিলি.

N. T. P.-তে 27·18 মিলি.-এর ওজন = 0·12 গ্রাম

$\therefore$ 22400 মিলি.-এর ওজন $= \frac{0.12 \times 22400}{27.18}$ গ্রাম $= 98.9$ গ্রাম

$\therefore$ যৌগটির আণবিক ওজন = 98·9

যৌগটিতে $C : H : Cl = \frac{24.13}{12} : \frac{4.04}{1} : \frac{71.8}{35.5}$

$= 2.01 : 4.04 : 2.02 = 1 : 2 : 1$

∴ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত $=CH_2Cl$

যদি আণবিক সঙ্কেত $(CH_2Cl)_x$ হয়

$(12+2+35{\cdot}5)x=98{\cdot}9$

∴ $49{\cdot}5x=98{\cdot}9$ বা, $x=1{\cdot}998 \approx 2$

∴ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_2H_4Cl_2$

উদাহরণ 6. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 10 মিলি. N. T. P.-তে 80 মিলি. O_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া সম্পূর্ণভাবে দহন করার পর দেখা গেল উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন N. T. P.-তে 70 মিলি.। উৎপন্ন গ্যাসকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করার পর দেখা গেল আয়তন হইয়াছে 50 মিলি.। হাইড্রোকার্বনটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1976]

সমাধান: হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত যদি C_xH_y হয় তাহা হইলে,

$C_xH_y \quad +(x+\frac{y}{4})O_2 \quad \rightarrow xCO_2 \quad +\frac{y}{2}H_2O$

10 মিলি. $+ (x+\frac{y}{4})$ 10 মিলি. $\rightarrow 10x$ মিলি. $+0$ মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $10\,(1+\frac{y}{4})-(10+80)-70=20 \quad \therefore y=4$

$10x=(70-50)=20 \quad \therefore x=2$

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_2H_4

এবং " স্থূল সঙ্কেত CH_2

উদাহরণ 7. C, H এবং O আছে এমন একটি জৈব যৌগকে দহন করা হইল। দহন করার ফলে দেখা গেল 1·367 গ্রাম যৌগ হইতে 3·02 গ্রাম CO_2 এবং 1·64 গ্রাম H_2O উৎপন্ন হয়। যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1975]

সমাধান: 3·02 গ্রাম CO_2-এ C-এর পরিমাণ $=\frac{12\times 3{\cdot}02}{44}$ গ্রা. $=0{\cdot}8236$ গ্রা

1·64 গ্রাম জলে H_2-এর পরিমাণ $=\frac{2\times 1{\cdot}64}{18}$ গ্রাম $=0{\cdot}1822$ গ্রাম

∴ 1·367 গ্রাম যৌগে C-এর পরিমাণ 0·8236 গ্রাম, H_2-এর পরিমাণ 0·1822 গ্রাম এবং O_2-এর পরিমাণ $1{\cdot}367-(0{\cdot}8236+0{\cdot}1822)$ গ্রাম $=0{\cdot}3612$ গ্রাম

যৌগটিতে C-এর শতকরা ভাগ $=\frac{0{\cdot}8236\times 100}{1{\cdot}367}=60{\cdot}25\%$

H_2-এর শতকরা ভাগ $=\frac{0{\cdot}1822\times 100}{1{\cdot}367}=13{\cdot}33\%$

O_2-এর শতকরা ভাগ $=\frac{0{\cdot}3612\times 100}{1{\cdot}367}=26{\cdot}42\%$

∴ যৌগটিতে $C : H : O=\frac{60{\cdot}25}{12} : \frac{13{\cdot}33}{1} : \frac{26{\cdot}42}{16}$

$=5{\cdot}02 : 13{\cdot}33 : 1{\cdot}65=3 : 8 : 1$

∴ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত $=C_3H_8O$

উদাহরণ 8. C, H এবং O আছে এমন একটি জৈব যৌগের 10 মিলিলিটারের সহিত 100 মিলি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের পর উষ্ণতা কমাইয়া উৎপন্ন জলীয় বাষ্পকে তরলে পরিণত হইতে দেওয়া হইলে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন হইল 90 মিলি.। উৎপন্ন গ্যাসকে KOH দ্রবণে শোষণ করার পর আয়তন সঙ্কোচন হইল 20 মিলি.। যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 23 হইলে যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। ধরিয়া লও যে, সকল আয়তন সমচাপ ও সম-তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। [I. I. T. 1977]

সমাধান: জৈব যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_xH_yO_z$ হইলে বিক্রিয়াটির সমীকরণ নিম্নরূপ হইবে:

$$C_xH_yO_z + (x+\tfrac{y}{4}-\tfrac{z}{2})O_2 = xCO_2 + \tfrac{y}{2}H_2O$$

10 মিলি. $+(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2})\times 10$ মিলি. $= 10x$ মিলি. $+$ 0 মিলি.

প্রথম সঙ্কোচন $=10+10(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2})-10x$

$=10+10x+\frac{5}{2}y-5z-10x=10+\frac{5}{2}y-5z$

দ্বিতীয় সঙ্কোচন $=10x$

প্রশ্নানুসারে, $10x=20$ ... (1)

$\therefore\ x=2$

$10+\frac{5}{2}y-5z=(100+10)-90=20$

$\frac{5}{2}y-5z=10$ ... (2)

জৈব যৌগটির আণবিক ওজন $=23\times 2=46$

" " " সঙ্কেত $=C_2H_yO$

$\therefore\ 24+y+16z=46$

বা, $y+16z=22$ ... (3)

2নং এবং 3নং সমীকরণ সমাধান করিলে $y=6$, $z=1$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত C_2H_6O

উদাহরণ 9. 90 আণবিক ওজন বিশিষ্ট একটি জৈব যৌগে C, H এবং O বর্তমান। এই জৈব যৌগের 0·9 গ্রাম O_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। মিশ্রিত অক্সিজেনের S. T. P.-তে আয়তন ছিল 224 মিলি.। দহনের পর উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণের মোট আয়তন S. T. P.-তে 560 মিলি.। অতঃপর ইহাকে KOH দ্রবণে শোষণ করার পর আয়তন হইল 112 মিলি.। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1977]

সমাধান: যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_xH_yO_z$ হইলে প্রদত্ত বিক্রিয়াটির সমীকরণ নিম্নরূপ হইবে:

$$C_xH_yO_z+(x+\tfrac{y}{4}-\tfrac{z}{2})O_2=x\,CO_2+\tfrac{y}{2}\,H_2O$$

সমীকরণ হইতে পাই,

(1) 90 গ্রাম যৌগটির সহিত বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী O_2-এর আয়তন,

$=(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2})\times 22400$ c.c. (S. T. P.-তে)

$\therefore$ 0·9 গ্রাম যৌগটির সহিত বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী O_2-এর আয়তন,

$$=(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2})\times 224 \text{ c.c. (S. T. P.-তে)}$$

(2) 90 গ্রাম যৌগ হইতে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন $=x\times 22400$ c.c. „

0·9 „ „ „ „ „ „ $=x\times 224$ c.c. „

প্রদত্ত তথ্য হইতে বুঝা যাইতেছে যে, বিক্রিয়া শেষে উদ্বৃত্ত O_2-এর পরিমাণ S. T. P.-তে 112 c.c.

$\therefore$ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী O_2-এর আয়তন,

$=(200-112)$ মিলি. বা, 88 মিলি.

আবার, বিক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ $(560-112)$ মিলি. $=448$ মিলি.

প্রশ্নানুসারে, $12x+y+16z=90\cdots\cdots(1)$

$(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2})\times 224=112\cdots\cdots(2)$

$224x=448\cdots\cdots(3)$

সমীকরণ তিনটি সমাধান করিয়া, $x=2,\ y=2,\ z=4$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_2H_2O_4$

উদাহরণ 10. 20 c.c. আয়তনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন 66 c.c. অক্সিজেনের সঙ্গে জারিত করা হইল। ঠাণ্ডা করার পর দেখা গেল আয়তন হইয়াছে 56 c.c.। ইহার পর ঐ গ্যাস মিশ্রণটিকে KOH-এর সংস্পর্শে আনার পর আয়তন কমিয়া 16 c.c. হইল। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত নির্ণয় কর।
[J. E. 1984]

সমাধান ঃ হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত C_xH_y হইলে ইহার সহিত O_2-এর বিক্রিয়ার সমীকরণটি নিম্নরূপ হইবে :

$$C_xH_y + (x+\frac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$$

$$20 \text{ c.c.} + (x+\frac{y}{4})\times 20 \text{ c.c.} \rightarrow 20x \text{ c.c.}$$

প্রথম সঙ্কোচন $=(20+66)-56$ c.c. $=30$ c.c.

দ্বিতীয় সঙ্কোচন $=(56-16)$ c.c. $=40$ c.c.

প্রশ্নানুসারে, $20x=40 \quad \therefore x=2$

$(1+\frac{y}{4})\times 20=30$

বা, $1+\frac{y}{4}=\frac{3}{2}$ বা, $\frac{y}{4}=\frac{1}{2} \quad \therefore y=2$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত C_2H_2

উদাহরণ 11. 9 আয়তনের একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে একটি গ্যাসীয় জৈব যৌগ A এবং গ্যাসটি সম্পূর্ণ দহনের জন্য সঠিক আয়তনের O_2 বর্তমান। মিশ্রণটি দহনে 4 আয়তন CO_2, 6 আয়তন জলীয় বাষ্প এবং 2 আয়তন N_2 উৎপন্ন হয়। সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। A যৌগে কেবলমাত্র C, H এবং N থাকিলে যৌগটির পূর্ণ দহনে (i) কত আয়তন অক্সিজেন দরকার ? (ii) A যৌগের আণবিক সঙ্কেত কি ?
[I. I. T. 1974]

সমাধান ঃ ধরা যাক, মিশ্রণটিতে জৈব যৌগটির আয়তন$=V$

$\therefore$ অক্সিজেনের আয়তন$=(9-V)$

জৈব যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_xH_yN_z$ হইলে অক্সিজেনের সহিত দহন বিক্রিয়ার সমীকরণটি হইল,

$$C_xH_yN_z+(x+\tfrac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2+\tfrac{y}{2}H_2O+\tfrac{z}{2}N_2$$

$$V \quad \left(x+\frac{y}{4}\right)V \rightarrow Vx \quad +\frac{yV}{2} \quad +\frac{zV}{2} \text{ আয়তন}$$

প্রশ্নানুসারে, $Vx=4$ ......(1)

$V\frac{y}{2}=6$ বা, $Vy=12$......(2)

$\frac{zV}{2}=2$ বা, $zV=4$ ......(3)

$V+(x+\frac{y}{4})V=9$ ......(4)

(1), (2) এবং (4) হইতে, $V+Vx+\frac{Vy}{4}=9$

বা, $V+4+\frac{12}{4}=9$ বা, $V=2$

$\therefore$ যৌগটির পূর্ণ দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন,

$=(9-2)$ আয়তন বা, 7 আয়তন

(1) নং সমীকরণ হইতে, $2x=4$ $\therefore x=2$

(2) নং সমীকরণ হইতে, $2y=12$ $\therefore y=6$

(3) নং সমীকরণ হইতে, $2z=4$ $\therefore z=2$

$\therefore$ A যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $C_2H_6N_2$

উদাহরণ 12. কার্বোহাইড্রেট একটি শ্রেণীর জৈব যৌগ যাহাতে C, H এবং O বর্তমান। ইহাদের একটি অণুতে H এবং O পরমাণুর অনুপাত সব সময়ে 2 : 1। বাতাসের অনুপস্থিতিতে এই যৌগগুলিকে উত্তপ্ত করিলে C এবং H_2O উৎপন্ন হয়। যদি একটি কার্বোহাইড্রেটের 310 গ্রাম বাতাসের অনুপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে 124 গ্রাম C উৎপন্ন হয় তাহা হইলে কার্বোহাইড্রেটটির স্থূল সঙ্কেত কি হইবে? (b) যদি যৌগটির 0·0833 মোলে 1·00 গ্রাম H_2 থাকে তাহা হইলে ইহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ যৌগটিতে C-এর শতকরা পরিমাণ$=\frac{124\times100}{310}=40$

$\therefore$ যৌগটিতে H এবং O-এর শতকরা পরিমাণ (যৌথভাবে)$=60$

যেহেতু যৌগটির একটি অণুতে H এবং O পরমাণু 2 : 1 অনুপাতে আছে। সুতরাং যৌগটিতে,

$$C:H_2O=\tfrac{40}{12}:\tfrac{60}{18}=3{\cdot}33:3{\cdot}33=1:1$$

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত CH_2O

" আণবিক সঙ্কেত $(CH_2O)_n$

আবার, যৌগটির 0·0833 মোলে H-এর পরিমাণ 1 গ্রাম

$\therefore$ " 1 " " " $\frac{1}{0 \cdot 0833}$ গ্রাম$=12$ গ্রাম

$=12$ গ্রাম-পরমাণু

$\therefore$ যৌগটির একটি অণুতে 12টি H পরমাণু বর্তমান

$\therefore$ $2x=12$ বা, $x=6$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত $(CH_2O)_6$ বা, $C_2H_{12}O_6$

উদাহরণ 13. CO এবং H_2-এর 60 মিলি. মিশ্রণ 40 মিলি. অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া ইউডিয়োমিটারে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল এবং শীতল অবস্থায় আয়তন মাপিয়া দেখা গেল 30 মিলি.। প্রাথমিক মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর (আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে)। [H. S. 1983]

সমাধান ঃ ধরা যাক, প্রাথমিক মিশ্রণে CO-এর আয়তন$=x$ মিলি.

$\therefore$ " " H_2-এর " $=(60-x)$ মিলি.

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

x মিলি. $\frac{x}{2}$ মিলি. x মিলি.

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

$(60-x)$ মিলি. $\frac{60-x}{2}$ মিলি. 0 মিলি. (শীতল অবস্থায়)

বিক্রিয়ান্তে আয়তন সঙ্কোচন$=x+\frac{x}{2}+60-x+\frac{60-x}{2}-x$

$=\frac{x+120-2x+60-x}{2}=90-x$

প্রশ্নানুসারে, $90-x=(60+40)-30=70$ $\therefore$ $x=20$

$\therefore$ প্রাথমিক মিশ্রণে CO-এর আয়তন 20 মিলি. এবং H-এর আয়তন 40. মিলি. ছিল।

উদাহরণ 14. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করিতে ইহার আয়তনের ছয় গুণ আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন হয় এবং ইহার আয়তনের চার গুণ পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহার সঙ্কেত কি ?

[H. S. 1985]

সমাধান ঃ ধরা যাক, হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত C_xH_y এবং আয়তন V

$$C_xH_y+(x+\frac{y}{4})\,O_2=xCO_2+\frac{y}{2}\,H_2O$$

V $(x+\frac{y}{4})$ V $x\times V$

প্রশ্নানুসারে, $(x+\frac{y}{4})\times V=6V$

আবার, $x\times V=4\times V$ বা, $x=4$

$\therefore$ $4+\frac{y}{4}=6$ বা, $y=8$

সুতরাং হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_4H_8।

উদাহরণ 15. কেবল হাইড্রোজেন এবং কার্বন আছে এমন একটি হাইড্রোকার্বনের 5 মিলি.-এর সহিত 30 মিলি, অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ

ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন হইল 25 মিলি., অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণটিতে KOH দ্রবণ পরিচালিত করিবার পর আয়তন দাঁড়াইল 15 মিলি.। দেখা গেল এই 15 মিলি. গ্যাস অক্সিজেন। সকল আয়তন N. T. P.-তে মাপা হইয়াছিল। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1979]

সমাধান: ধরা যাক, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_xH_y

$$C_xH_y + (x+\frac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$$

$$5 \quad (x+\frac{y}{4})5 \quad 5x \quad O$$

প্রশ্নানুসারে, $5(1+\frac{y}{4}) = (30+5) - 25 = 10$

বা, $1+\frac{y}{4} = 2 \quad \therefore y = 4$

আবার, $5x = (25-15) = 10$ বা, $x = 2$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত C_2H_4

সার-সংক্ষেপ

চিহ্ন বা প্রতীক এবং উহার তাৎপর্য: যাহার দ্বারা কোন মৌলিক পদার্থের নাম সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় তাহাকে চিহ্ন বা প্রতীক বলে। চিহ্ন দ্বারা কোন মৌলের নাম ব্যতীত উহার একটি পরমাণুকে এবং উহার পারমাণবিক গুরুত্বকেও প্রকাশ করা হয়। সুতরাং চিহ্নের একটি পরিমাণগত দিকও রহিয়াছে।

আণবিক সঙ্কেত ও উহার তাৎপর্য: মৌলগুলির প্রতীক বা চিহ্নের ডান-দিকের নীচে, মৌলিক পদার্থ বা যৌগিক পদার্থের একটি অণুতে বর্তমান পরমাণুর সংখ্যা লিখিয়া, যাহার সাহায্যে মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের একটি অণুকে প্রকাশ করা হয় তাহাকে মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক সঙ্কেত বলে।

সঙ্কেত, মৌল বা যৌগের নাম সূচিত করে। সঙ্কেত, পদার্থের একটি অণু বুঝায় এবং অণুটি কোন অথবা কোন কোন পরমাণু দিয়া গঠিত, তাহাদের সংখ্যা কত, সে কথাও প্রকাশ করে। ইহা হইতে মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্ব জানা যায়। যৌগের এক গ্রাম-অণুতে উপস্থিত বিভিন্ন মৌলের ওজনগত অনুপাত জানা যায়। পদার্থটি গ্যাসীয় হইলে আণবিক সঙ্কেত হইতে N. T. P.-তে গ্রাম-আণবিক আয়তন (22·4 লিটার) জানা যায়।

আণবিক সঙ্কেতে মৌলগুলির প্রতীকের ক্রম: দ্বিমৌলিক যৌগের ক্ষেত্রে আপেক্ষিকভাবে পরাতড়িৎধর্মী মৌলের প্রতীক প্রথমে এবং অপরাতড়িৎধর্মী মৌলের প্রতীক পরে লিখিয়া যৌগিক পদার্থটির সঙ্কেত লিখিতে হয়। যেমন, MgO, CO_2 ইত্যাদি।

যোজ্যতা: কোনও মৌলের অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা হইল সেই মৌলের যোজ্যতা। অণু গঠনে কোন মৌলের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের যতসংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে অথবা হাইড্রোজেনযুক্ত

যৌগ হইতে উহার একটি পরমাণু যতসংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত বা দূরীভূত করিতে পারে সেই সংখ্যা মৌলটির যোজ্যতা নির্দেশ করে। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 ধরা হয়। যোজ্যতার মান অনুসারে মৌলগুলিকে একযোজী মৌল, দ্বিযোজী মৌল ইত্যাদি বলা হয়।

অনেকগুলি ধাতব এবং অধাতব মৌলের মধ্যে একাধিক যোজ্যতা পরিলক্ষিত হয়। যেমন—Cu, Fe, N, S ইত্যাদি।

যৌগমূলক : অনেক সময় একাধিক মৌলিক পরমাণু একত্রে জোট বাঁধিয়া একটি পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে। এই ধরনের জোটকে যৌগমূলক বলে। যেমন—NH_4, NO_3, SO_4, OH ইত্যাদি।

যৌগের সঙ্কেত লিখন প্রণালী : আণবিক সঙ্কেত লিখিবার সাধারণ নিয়ম হইল প্রথম মৌলের যোজ্যতা সূচকসংখ্যা দ্বিতীয় মৌলের প্রতীকের ডানদিকের নীচে এবং দ্বিতীয় মৌলের যোজ্যতা সূচকসংখ্যা প্রথম মৌলের প্রতীকের ডানদিকের নীচে লেখা $A^x + B^y \rightarrow A_y B_x$।

স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেত : কোন যৌগের একটি অণুতে উহার উপাদান মৌলের পরমাণু সংখ্যার অনুপাত ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করিয়া যে-সঙ্কেত লেখা হয় তাহাকে স্থূল সঙ্কেত বলা হয়। যে-সঙ্কেত কোন যৌগের একটি অণুতে উহার উপাদান মৌলের পরমাণুর সঠিক সংখ্যা প্রকাশ করে তাহাকে যৌগটির আণবিক সঙ্কেত বলা হয়।

পজিটিভ ও নেগেটিভ যোজ্যতা : তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যৌগের অণুতে একটি অংশ ধনাত্মক আধানযুক্ত এবং অপর অংশ ঋণাত্মক আধানযুক্ত থাকে। ধনাত্মক আধানযুক্ত পরমাণুর বা মূলকের যোজ্যতাকে ধনাত্মক বা পজিটিভ যোজ্যতা এবং ঋণাত্মক আধানযুক্ত পরমাণু বা মূলকের যোজ্যতাকে ঋণাত্মক যোজ্যতা বা নেগেটিভ যোজ্যতা বলা হয়।

গঠন-সঙ্কেত : পদার্থের অণুর মধ্যে গঠনকারী পরমাণুগুলি উহাদের যোজ্যতার সাহায্যে কিভাবে পরস্পর যুক্ত থাকে তাহাকে বুঝাইবার জন্য যে-সঙ্কেতের সাহায্য লওয়া হয় সেই সঙ্কেতকে গঠন-সঙ্কেত বা রেখা-সঙ্কেত বলা হয়। কোন মৌলের যোজ্যতা মৌলের পরমাণুর চিহ্নের পাশে ছোট রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যে-পরমাণুর যোজ্যতা যত, ঠিক ততগুলি যোজ্যতা রেখা দ্বারা যোজ্যতা নির্দেশ করা হয়।

যৌগিক পদার্থের নামকরণ : দ্বিমৌলিক যৌগের ক্ষেত্রে অপেক্ষাকৃত ধনাত্মক তড়িৎধর্মী মৌলের নাম আগে বলিয়া অন্য মৌলটির নামের প্রথম অংশের শেষে -আইড যোগ করিয়া যৌগিক পদার্থটির নামকরণ করিতে হয়।

নিম্নতর যোজ্যতাবিশিষ্ট ধাতব যৌগকে 'আস' যৌগ এবং উচ্চতর যোজ্যতা-বিশিষ্ট ধাতব যৌগকে 'ইক' যৌগ বলা হয়। অনেক সময় যৌগের মধ্যে একটি

নির্দিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা বুঝাইবার জন্য 'মনো', 'ডাই', 'ট্রাই', 'টেট্রা', 'পেন্টা' ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

কোন অক্সাইড যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ আপেক্ষিকভাবে বেশি থাকিলে তাহাকে পার-অক্সাইড বলে। যৌগমূলক অধাতুর ন্যায় ব্যবহার করিয়া ধাতুর সহিত যুক্ত হইলে প্রথমে ধাতুর নাম এবং পরে মূলকটির নাম করিয়া যৌগের নাম করিতে হয়। যৌগমূলক ধাতুর ন্যায় ব্যবহার করিয়া অধাতুর সহিত যুক্ত হইলে যৌগমূলকের নাম আগে করিয়া পরে অধাতুর নামের প্রথমাংশের সহিত 'আইড' যোগ করিয়া যৌগটির নাম করিতে হয়।

রাসায়নিক সমীকরণ : বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের উপযুক্ত চিহ্ন এবং সঙ্কেত ব্যবহার করিয়া সংক্ষেপে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে যাহার সাহায্যে প্রকাশ করা হয় তাহাকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে।

রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা, প্রকৃতিতে সংঘটিত হয় এমন একটি বিক্রিয়া বুঝায়। রাসায়নিক সমীকরণে সমতা চিহ্নের উভয় দিকে প্রত্যেকটি পরমাণু সংখ্যা সমান হইতে হইবে। রাসায়নিক সমীকরণে পদার্থগুলির সঙ্কেত বা চিহ্ন এমনভাবে লিখিতে হইবে যেন তাহাদের প্রাকৃতিক অবস্থানের সহিত সাদৃশ্য থাকে।

রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধান : (a) পরীক্ষা-নিরীক্ষা পদ্ধতি ; (b) আংশিক সমীকরণ দ্বারা ; (c) বীজগণিতীয় পদ্ধতি।

রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য : (a) কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংক্ষিপ্ত প্রকাশ ; (b) বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ সম্বন্ধে সবিশেষ জ্ঞান হয় ; (c) কমপক্ষে কতগুলি ক্ষুদ্রতম কণা বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহা জানা যায় ; (d) রাসায়নিক বিক্রিয়ার সহিত সংশ্লিষ্ট পদার্থগুলির ওজন, আয়তন (গ্যাসের ক্ষেত্রে) এবং 'মোল' সংখ্যা সম্বন্ধে ধারণা জন্মায় ; (e) রাসায়নিক সমীকরণ ভরে নিত্যতা সূত্র এবং ডালটনের পরমাণুবাদ মানিয়া চলে।

রাসায়নিক সমীকরণের অসম্পূর্ণতা : (a) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির উদ্ভব অথবা শক্তির শোষণ হয় কিনা রাসায়নিক সমীকরণ হইতে তাহা জানা যায় না। (b) রাসায়নিক বিক্রিয়ার শর্তগুলি জানা যায় না। (c) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় গতি সম্বন্ধে কোন ধারণা হয় না। (d) বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের ভৌত অবস্থা সম্বন্ধে কিছু জানা যায় না। (e) কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া উভমুখী কিনা তাহাও রাসায়নিক সমীকরণ হইতে জানা যায় না।

রাসায়নিক বিক্রিয়া : মৌলিক অথবা যৌগিক পদার্থ হইতে এক বা একাধিক নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইলে কিংবা একাধিক মৌলিক অথবা যৌগিক পদার্থ পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করিলে বলা হয় 'রাসায়নিক বিক্রিয়া' সংঘটিত হইয়াছে।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ : (a) সংশ্লেষণ, (b) বিশ্লেষণ,

(c) প্রতিস্থাপন, (d) বিনিময় বিক্রিয়া, (e) যুতবিক্রিয়া, (f) আইসোমারিজম, (g) উভমুখী বিক্রিয়া, (h) অনুঘটন।

আয়নীয় বিক্রিয়া : জলীয় দ্রবণে সংঘটিত যে-সকল বিক্রিয়ায় দ্রবণে উৎপন্ন আয়ন প্রত্যক্ষভাবে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়া বিক্রিয়াজাত পদার্থের সৃষ্টি করে সেই সকল বিক্রিয়াকে আয়নীয় বিক্রিয়া বলে এবং এই বিক্রিয়া যে রাসায়নিক সমীকরণের দ্বারা প্রকাশ করা হয় তাহাকে **আয়নীয় সমীকরণ** বলে।

গ্যাসমিতি : বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হইলে ইহাদের কয়েকটির আয়তন জানিতে পারিলে, (a) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসমিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় করা সম্ভব। (b) বিক্রিয়ক গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা সম্ভব। যে-যন্ত্রের সাহায্যে আয়তন মাপা হয় তাহাকে বলা হয় ইউডিয়োমিটার।

যৌগের শতকরা সংযুতি : কোন যৌগের শতকরা সংযুতি হইল সেই যৌগে উপস্থিত উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ (ওজনগত)।

স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেতের সম্পর্ক : কোন যৌগের স্থূল সঙ্কেত A_aB_b হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত $(A_aB_b)_x$ যখন $x=1$ অথবা, 2 অথবা 3 ইত্যাদি।

শতকরা সংযুতি হইতে স্থূল সঙ্কেত : যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির শতকরা পরিমাণকে উহাদের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিয়া যে-সংখ্যানুপাত পাওয়া যায় তাহাকে ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে প্রকাশ করিয়া সঙ্কেত লিখিলে স্থূল সঙ্কেত পাওয়া যায়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. চিহ্ন এবং সঙ্কেত বলিতে কি বুঝ? রসায়নবিজ্ঞানে ইহাদের ভূমিকা কি?

2. যৌগমূলক কাহাকে বলে? যৌগমূলকের যোজ্যতার অর্থ কি? ইহাদের স্বাধীন সত্তা আছে কি?

3. আণবিক সঙ্কেত কাহাকে বলে? আণবিক সঙ্কেতের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। আণবিক সঙ্কেতে মৌলগুলির প্রতীকের ক্রম কিভাবে হয়?

4. যোজ্যতা কাহাকে বলে? কোন মৌলের যোজ্যতা কিভাবে মাপা হয়? একই মৌলের যোজ্যতা একাধিক হইতে পারে—উদাহরণ দাও। ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা 2—ইহার অর্থ কি?

5. নিম্নলিখিত মৌলগুলির সঙ্কেত লিখ :

(a) ক্যালসিয়াম অক্সাইড, (b) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, (c) সালফার

ডাই-অক্সাইড, (d) জিঙ্ক ব্রোমাইড, (e) কিউপ্রাস অক্সাইড, (f) মারকিউরাস ক্লোরাইড, (g) স্ট্যানিক ক্লোরাইড, (h) ফেরিক সালফেট, (i) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, (j) পটাসিয়াম ফেরিসায়নাইড।

6. নিম্নলিখিত সঙ্কেত হইতে যৌগগুলির নাম লিখ :

(a) CaO, (b) HCl, (c) CuO, (d) $SnCl_2$, (e) FeO, (f) Fe_2O_3, (g) Cu_2Cl_2, (h) NH_3, (i) PCl_3, (j) $NaOH$, (k) $Ca_3(PO_4)_2$, (l) $K_4Fe(CN)_6$

7. স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেত বলিতে কি বুঝ? উহাদের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর [Tripura H. S. 1985]। স্থূল সঙ্কেত হইতে আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। "স্থূল সঙ্কেত এবং আণবিক সঙ্কেত সব সময়ে এক নহে"—ব্যাখ্যা কর। [H. S. 1978, H. S. 1983]

8. 'পজিটিভ যোজ্যতা' এবং 'নেগেটিভ যোজ্যতা' কথা দুইটির অর্থ ব্যাখ্যা কর। CaO, $Mg(OH)_2$, $AgNO_3$ $(NH_4)_3PO_4$, $AlCl_3$ যৌগগুলিতে কাহার পজিটিভ যোজ্যতা এবং কাহার নেগেটিভ যোজ্যতা বর্তমান?

9. যৌগের আণবিক সঙ্কেত এবং গঠন সঙ্কেত-এর মধ্যে পার্থক্য বুঝাইয়া বল। CH_4, NH_3, CO_2, N_2, PH_3, CCl_4 প্রভৃতি অণুগুলির গঠন সঙ্কেত লিখ।

10. যৌগিক পদার্থের নামকরণের মূল নীতি কি? নিম্নলিখিত যৌগগুলির নামকরণ কর :

(1) H_2O, (2) H_2S, (3) HCl, (4) Na_2O, (5) Mg_3N_2, (6) Ca_3P_2, (7) NH_4Cl, (8) NaH, (9) CaC_2 (10) CO, (11) PCl_3, (12) CCl_4, (13) H_2O_2, (14) Na_2SO_4, (15) NH_4Cl, (16) PH_4I, (17) $NaOH$। যৌগগুলিতে প্রত্যেকটি মৌলের বা যৌগমূলকের যোজ্যতা নির্ণয় কর।

11. রাসায়নিক সমীকরণ কাহাকে বলে? রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। [Tripura H. S. 1983]

12. $N_2+3H_2=2NH_3$ এই সমীকরণের সীমাবদ্ধতা কতটুকু তাহা লিখ। [Tripura H. S. 1981] $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ এই সমীকরণ হইতে কি কি তথ্য পাওয়া যায়? রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতাগুলি লিখ। [H. S. 1984]

13. রাসায়নিক সমীকরণের সমতা বিধানের বিভিন্ন পদ্ধতি আলোচনা কর।

14. রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা সম্পর্কে আলোচনা কর। তাপমোচী এবং তাপগ্রাহী বিক্রিয়া বলিতে কি বুঝ?

15. বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া উদাহরণসহযোগে আলোচনা কর।

16. আয়নীয় বিক্রিয়া এবং আয়নীয় সমীকরণ বলিতে কি বুঝ? উদাহরণ দাও।

17. রাসায়নিক বিক্রিয়া বলিতে কি বুঝ ? নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর : (1) সংশ্লেষণ, (2) বিশ্লেষণ (3) প্রতিস্থাপন ও (4) পারমাণবিক পুনর্গঠন। [Tripura H. S. 1984]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. হাইড্রাজিনের স্থূল সঙ্কেত NH_2। হাইড্রাজিনের ঘনত্ব বায়ুর সাপেক্ষ 1·1 হইলে ইহার প্রকৃত সঙ্কেত কি হইবে ?

(a) NH_2, (b) N_2H_4 (c) N_3H_6

2. একটি হাইড্রোকার্বনের স্থূল সঙ্কেত CH_2। এক লিটার হাইড্রোকার্বনের ভর যদি 1 লিটার নাইট্রোজেনের ভরের সমান হয় তাহা হইলে হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত কি হইবে ?

3. নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 15 হইলে অক্সাইডটির আণবিক সঙ্কেত কি হইবে ?

(a) NO, (b) N_2O, (c) NO_2

4. একটি ধাতু অ্যাসিড হইতে N. T. P.-তে 16·8 মিলি. H_2 মুক্ত করে। এই পরিমাণ H_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া NH_3 গঠন করিবার জন্য কত আয়তন N_2 প্রয়োজন ?

(a) 11·2 মিলি., (b) 5·6 মিলি., (c) 8·4 মিলি.

5. কিছু পরিমাণ $CaCO_3$ বিয়োজিত হইয়া 11·2 লিটার CO_2 উৎপন্ন করিল। এই CO_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বনেট গঠন করিতে কি পরিমাণ KOH-এর প্রয়োজন ? (a) 56 গ্রাম, (b) 112 গ্রাম, (c) 28 গ্রাম।

6. X এবং Y-এর পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে x এবং y হইলে নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ কর :

X_aY_b-এর আণবিক ওজন = ...
X-এর শতকরা পরিমাণ = ...
Y-এর শতকরা পরিমাণ = ...

7. $FeSO_4$-এর আণবিক ওজন = 56 + 32 + 64 = 152 হইলে নিম্নলিখিত শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ কর :

$FeSO_4, 7H_2O$-এর আণবিক ওজন = ...

কেলাস জলের শতকরা পরিমাণ $= \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots} \times \cdots\cdots$

8. এক মোল যে-কোন পদার্থের মধ্যে উহার ক্ষুদ্রতম কণার সংখ্যা কত ?

9. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির মধ্যে মোল সংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) 2 গ্রাম হাইড্রোজেন, (ii) 36 গ্রাম জল, (iii) 9·1 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, (iv) 17 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট।

10. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির পরিমাণ গ্রামে প্রকাশ কর :

(i) 0·8 গ্রাম-পরমাণু ম্যাগনেসিয়াম, (ii) 0·85 গ্রাম-পরমাণু সালফার, (iii) 0·5 গ্রাম-পরমাণু সোডিয়াম, (iv) 0·97 গ্রাম-পরমাণু জিঙ্ক।

11. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির মধ্যে গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা বাহির কর :

(i) 274 গ্রাম বেরিয়াম, (ii) 0·95 গ্রাম কার্বন, (iii) 180 গ্রাম সালফার, (iv) 80 গ্রাম অক্সিজেন।

12. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রত্যেকটির এক মোলের পরিমাণ গ্রামে প্রকাশ কর :

(i) Na_2CO_3, (ii) NaOH, (iii) KOH, (iv) $CaCO_3$, (v) HCl.

13. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির মধ্যে গ্রাম মোলের সংখ্যা বাহির কর :

(i) 50 গ্রাম $CaCO_3$, (ii) 49 গ্রাম H_2SO_4, (iii) 80 গ্রাম O_2, (iv) 124 গ্রাম ফসফরাস, (v) 71 গ্রাম ক্লোরিন, (vi) 12 গ্রাম হাইড্রোজেন।

14. নিম্নলিখিত প্রত্যেকটিতে পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) 0·9 মোল SO_2, (ii) 0·6 মোল $CaCO_3$, (iii) 0·8 মোল NaCl, (iv) 0·5 মোল SO_3।

15. নিম্নলিখিত পদার্থগুলিতে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর :

(i) 1 মোল $KMnO_4$, (ii) 0·6 মোল HCl, (iii) 0·9 মোল NaOH।

16. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সমীকরণটির শূন্যস্থান পূরণ কর :

	$CaH_2(s)$	+ $2H_2O(g)$ →	$Ca(OH)_2(s)$ +	$2H_2(g)$
(i)	2 মোল	+ ...	...	...
(ii)	45 গ্রাম	+ ...	...	...
(iii)	$6·02 \times 10^{23}$ হাইড্রোজেন পরমাণু	+ ...	...	...

[P. U. 1972]

17. নিম্নলিখিত চারিটি উত্তরের মধ্যে কোন্‌টি সঠিক বল :

(a) 7·95 গ্রাম CuO-কে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করিতে প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেনের পরিমাণ :

(i) 2241 মিলি. (S. T. P.), (ii) 2241 লিটার (S. T. P.), (iii) 2 গ্রাম, (iv) 20 গ্রাম।

(b) 2 লিটার CO-কে জারিত করিতে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন (i) 4 লিটার, (ii) 2 লিটার, (iii) 1 লিটার, (iv) $\frac{1}{2}$ লিটার।

(c) নির্দিষ্ট আয়তন H_2S-কে বিযোজিত করিলে সমচাপ ও তাপমাত্রায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন (i) ব্যবহৃত H_2S-এর আয়তনের অর্ধেক, (ii) ব্যবহৃত H_2S-এর আয়তনের সমান, (iii) ব্যবহৃত H_2S-এর আয়তনের দ্বিগুণ, (iv) ব্যবহৃত H_2S-এর আয়তনের এক-চতুর্থাংশ।

(d) 9 গ্রাম Al (পাঃ ওজন=27) লঘু অ্যাসিডের সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের পরিমাণ (i) এক মোল, (ii) $\frac{1}{2}$ মোল, (iii) $\frac{1}{3}$ মোল, (iv) এগুলির মধ্যে কোনটিই নয়।

(e) একটি ধাতব অক্সাইডের 3·15 গ্রামকে হাইড্রোজেনের প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 1·05 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জলের পরিমাণ (i) 2·362 গ্রাম, (ii) 18·9 গ্রাম, (iii) 9·442 গ্রাম, (iv) 4·721 গ্রাম।

(f) 20 মিলি. মিথেনকে 50 মিলি. অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া দহন করা হইল। বিক্রিয়াশেষে গ্যাস মিশ্রণকে শীতল করিবার পর আয়তন হইবে (i) 60 মিলি., (ii) 70 মিলি., (iii) 50 মিলি., (iv) 30 মিলি.

(g) CH_2O স্থূল সঙ্কেতবিশিষ্ট একটি যৌগের আণবিক ওজন 90। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত (i) $C_2H_2O_2$, (ii) $C_2H_2O_4$, (iii) $C_3H_3O_6$, (iv) $C_5H_6O_3$।

(h) নিম্নলিখিত পদার্থগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা বেশি সংখ্যক পরমাণু আছে। (i) 10 গ্রাম $CaCO_3$, (ii) 4 গ্রাম H_2, (iii) 8 গ্রাম NH_4NO_3, (iv) 1·8 গ্রাম $C_6H_{12}O_6$।

(i) N. T. P.-তে 100 মিলি. অ্যামোনিয়া হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের আয়তন (i) 25 মিলি., (ii) 50 মিলি., (iii) 75 মিলি., (iv) 100 মিলি.।

(j) পেট্রোলে কেবলমাত্র অক্টেন C_8H_{18} বর্তমান থাকিলে এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·8 হইলে 1·425 লিটার পেট্রোলকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণ (i) 100 মোল, (ii) 125 মোল, (iii) 150 মোল, (iv) 175 মোল।

(k) উপরের বিক্রিয়ার উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ (i) 40 মোল, (ii) 60 মোল, (iii) 80 মোল, (iv) 100 মোল।

(l) একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 15 মিলিলিটারকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণ 45 মিলি. এবং এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ 30 মিলি.। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত (i) C_3H_6, (ii) C_2H_6, (iii) C_2H_4, (iv) C_2H_2।

(m) ব্রডির যন্ত্রের সাহায্যে 6 লিটার বায়ু হইতে 5915 মিলি. ওজনমিশ্রিত বায়ু পাওয়া যায়। উৎপন্ন ওজনের আয়তন, (i) 85 মিলি., (ii) 170 মিলি., (iii) 255 মিলি., (iv) 42·5 মিলি.।

(n) দুইটি মৌল A এবং B (A-এর পাঃ ওঃ=75, B-এর পাঃ ওঃ=66) পরস্পর যুক্ত হইয়া একটি যৌগ গঠন করে। যৌগটিতে A-এর পরিমাণ 75·8% যৌগটির আণবিক সঙ্কেত (i) AB, (ii) AB_2, (iii) A_2B_3, (iv) A_2B।

(o) এক গ্রাম মোল $KMnO_4$ HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন

ক্লোরিনের আয়তন N. T. P.-তে (i) 11·2 লিটার, (ii) 22·4 লিটার, (iii) 44·8 লিটার, (iv) 56 লিটার।

(p) 63 গ্রাম HNO_3-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে উৎপন্ন অক্সিজেনের পরিমাণ (i) 1 মোল, (ii) 0·5 মোল, (iii) 0·25 মোল, (iv) 0·75 মোল।

(q) অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে ($N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$) প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন $3Fe+4H_2O \rightarrow Fe_3O_4+4H_2$ বিক্রিয়া হইতে সরবরাহ করা হইলে 68 গ্রাম অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিতে প্রয়োজনীয় আয়রনের পরিমাণ (i) 252 গ্রাম, (ii) 112 গ্রাম, (iii) 168 গ্রাম, (iv) 30 গ্রাম।

(r) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের 1120 মিলি. দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পরিমাণ 34 গ্রাম। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণটি (i) 10 আয়তন, (ii) 20 আয়তন, (iii) 34 আয়তন, (iv) 32 আয়তন।

(s) হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন পরমাণুর অনুপাত 1 : 1. N. T. P.-তে 10 গ্রাম গ্যাসের আয়তন 5·6 লিটার হইলে ইহার আণবিক সঙ্কেত (i) HF, (ii) H_2F_2, (iii) H_3F_3 (iv) H_4F_4।

(t) ইথিলিনের সহিত হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া $C_2H_4+H_2 \rightarrow C_2H_6$। একটি পাত্রে সমসংখ্যক ইথিলিন এবং হাইড্রোজেন অণু বর্তমান। পাত্রটির আভ্যন্তরীণ চাপ 800 মিমি.। বিক্রিয়ান্তে মোট আয়তন একই থাকিলেও পাত্রটির আভ্যন্তরীণ চাপ 700 মিমি. হইলে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ইথিলিন অণুর শতকরা পরিমাণ (i) 100%, (ii) 50%, (iii) 25%, (iv) 12·5%.

(u) 100 মিলি. কার্বন মনোক্সাইড 100 মিলি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। ইহার ফলে আয়তন সঙ্কোচন হইবে (i) 25 মিলি., (ii) 50 মিলি., (iii) 100 মিলি., (iv) 125 মিলি.।

(v) 8 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইডকে ক্লোরিন ওয়াটার দ্বারা জারিত করা হইল। অতঃপর উৎপন্ন দ্রবণে অতিরিক্ত $BaCl_2$ দ্রবণ যুক্ত করা হইল। উৎপন্ন $BaSO_4$-এর পরিমাণ (i) 1 মোল, (ii) 0·5 মোল, (iii) 0·4 মোল, (iv) 0·25 মোল।

(w) N. T. P.-তে 2 গ্রাম নাইট্রোজেনের আয়তন (i) 44·8 লিটার, (ii) 22·4 লিটার, (iii) 11·2 লিটার, (iv) 1·6 লিটার।

(x) 87°C উষ্ণতা এবং 750 মিমি. চাপে HF, HCl, HBr এবং HI-এর প্রত্যেকটির 5 গ্রামের কোন্‌টির আয়তন সর্বাপেক্ষা কম (i) HF, (ii) HCl, (iii) HBr, (iv) HI ?

(y) 44 গ্রাম CO_2-এ পরমাণুর সংখ্যা (i) N, (ii) 3N, (iii) 4N (iv) 5N।

(z) একটি ধাতুর ফসফেটের সঙ্কেত MPO_4। উহার সালফেটের সঙ্কেত (i) MSO_4, (ii) $M_2(SO_4)_3$, (iii) M_2SO_4, (iv) $M(SO_4)_2$

(zi) 4 আয়তন ওজোন সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত হইলে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন (i) 4 আয়তন, (ii) 6 আয়তন, (iii) 12 আয়তন।

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. $ZnSO_4$, $7H_2O$ যৌগের মধ্যে অবস্থিত মৌলগুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

(উঃ। Zn=22·7% ; S=11·2% ; O=61·2% ; H=4·9%)

2. একটি যৌগ $CuCl_2$ অথবা $CuBr_2$ হইতে পারে। যৌগটির 1 গ্রাম হইতে 0·284 গ্রাম কপার পাওয়া যায়। যৌগটি কি? (উঃ। $CuBr_2$)

3. একটি গ্যাসের শতকরা সংযুতি নিয়ে দেওয়া হইল :

C=27·27% O=72·73%

N. T. P.-তে গ্যাসটির 1 লিটারের ওজন 1·964 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। CO_2)

4. ব্লু ভিট্রিয়লের আণবিক সঙ্কেত দেওয়া আছে $CuSO_4$, xH_2O। ইহার এক গ্রামকে উত্তপ্ত করিলে যে-স্থির ওজন পাওয়া যায় তাহা 0·64 গ্রাম, x-এর মান বাহির কর। (পাঃ ওজন Cu=63·5, S=32) [J. E. 1974] (উঃ। 5)

5. 197 পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট একটি ধাতু X-এর ক্লোরাইড যৌগ 35·1% ক্লোরিন আছে। ক্লোরাইড যৌগটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [S. C. 1967]

(উঃ। XCl_3)

6. একটি ধাতু M-এর পারমাণবিক ওজন 56। ইহার একটি অক্সাইডে ধাতুটির শতকরা পরিমাণ 70, উহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? [I. I. T. 1963]

(উঃ। M_2O_3)

7. একটি যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন 122·5। উহার শতকরা সংযুতি নিয়ে দেওয়া হইল : K=31·85% ; O=39·18% ; Cl=28·97%। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? (উঃ। $KClO_3$)

8. একটি যৌগের বাষ্পীয় ঘনত্ব 26·75। উহাতে 26·17% N, 7·37% H, 66·4% Cl বর্তমান। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। NH_4Cl)

9. একটি যৌগের শতকরা সংযুতি হইল :

C=65·3%, H=3·4%, N=9·5%, O=21·8%.

S. T. P.-তে 0·3675 গ্রাম যৌগের আয়তন 56 মিলি.। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? (উঃ। $C_6H_5NO_2$)

11. 7·8 গ্রাম বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামকে উত্তপ্ত করিয়া সর্বাধিক কত পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যাইবে? [S. C. 1961] (উঃ। 14·7 গ্রাম)

12. হাইড্রোজেন CuO-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব কপার এবং জল উৎপন্ন করে। (a) 0·20 গ্রাম কপার, (b) 0·20 মোল কপার এবং (c) 0·20 গ্রাম জল উৎপন্ন করিতে কত গ্রাম হাইড্রোজেনের প্রয়োজন? [D. H. S. 1962]

(উঃ। (a) 0·006299 গ্রাম ; (b) 0·4 গ্রাম ; (c) 0·0222 গ্রাম)

13. একটি নমুনার HCl দ্রবণে লিটার প্রতি 7·3 গ্রাম HCl আছে। 0·46 গ্রাম ধাতব সোডিয়াম জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যত পরিমাণ NaOH উৎপন্ন করিবে সেই NaOH প্রদত্ত HCl দ্রবণের কত আয়তনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাকে প্রশমিত করিবে? [D. H. S. 1956] (উঃ। 10 c.c.)

14. S. T. P.-তে 10 লিটার হাইড্রোজেন মুক্ত করিতে কত পরিমাণ আয়রনকে লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিতে হইবে? [S. C. 1966]
(উঃ। 25 গ্রাম)

15. 18 গ্রাম জলকে (a) ধাতব সোডিয়াম দ্বারা এবং (b) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে বিয়োজিত করা হইল। প্রত্যেক ক্ষেত্রে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের পরিমাণ কত? তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় উদ্ভূত অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন কত? [D. H. S. 1959] (উঃ। (a) 1 গ্রাম; (b) 2 গ্রাম; 11·2 লিটার)

16. $C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2H_2O + 2SO_2$ প্রদত্ত রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্য লইয়া নিম্নলিখিত গণনাগুলি কর:
(i) 19·6 গ্রাম H_2SO_4 কত গ্রাম C-কে জারিত করিতে পারিবে? এবং
(ii) উৎপন্ন SO_2-এর আয়তন N. T. P.-তে কত হইবে? [S. C. 1964]
(উঃ। (i) 1·2 গ্রাম; (ii) 4·48 লিটার)

17. একটি অশুদ্ধ Zn-এর 15 গ্রামের জন্য 30 মিলি. 35% HCl দ্রবণের (ঘনত্ব=1·18 গ্রাম / মিলি.) প্রয়োজন। Zn-এর অশুদ্ধি যদি HCl-এর সহিত বিক্রিয়া না করে তাহা হইলে প্রদত্ত Zn-এ শুদ্ধ Zn-এর শতকরা পরিমাণ বাহির কর। (উঃ। 74·1%)

[দ্রষ্টব্য: যদি কোন দ্রবণের শতকরা মাত্রা দেওয়া থাকে এবং তাহার সহিত ঘনত্ব দেওয়া থাকে, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে শতকরা মাত্রা ওজন ভিত্তিতে দেওয়া হইয়াছে। সুতরাং 35% HCl বলিলে বুঝিতে হইবে 100 গ্রাম দ্রবণে 35 গ্রাম HCl বর্তমান।]

18. 5 গ্রাম বিশুদ্ধ Zn 100 মিলি. 50% H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিলে S. T. P.-তে কত আয়তন H_2 মুক্ত করিবে? 50% H_2SO_4-এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·257। এই বিক্রিয়ার জন্য কত আয়তন H_2SO_4-এর প্রয়োজন হইবে?
(উঃ। 1·71 লিটার, 12 মিলি.)

19. 2 মোল HCl এবং 60 গ্রাম NaOH একটি জলপূর্ণ পাত্রে যোগ করা হইল। বিক্রিয়া শেষে যৌগ দুইটির কোন্‌টি উদ্বৃত্ত থাকিবে এবং তাহার পরিমাণ কত? (উঃ। HCl, 0·5 মোল)

20. $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$-এর একটি মিশ্রণের 5 গ্রামকে উত্তপ্ত করিলে N. T. P.-তে 1·2479 লিটার CO_2 উৎপন্ন হয়। মিশ্রণটির শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। উঃ। $CaCO_3 = 40\%$; $MgCO_3 = 60\%$

21. সম ওজনের Hg এবং I_2 পরস্পরের সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন Hg_2I_2 এবং HgI_2-এর ওজনের অনুপাত কি হইবে? [I. I. T. 1966]
(উঃ। $Hg_2I_2 : HgI_2 = 1 : 1·9$)

22. একটি যৌগকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে, যৌগটিতে 0·062% P বর্তমান। যদি যৌগটির একটি অণুতে 1 পরমাণু P থাকে তাহা হইলে যৌগটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. 1967] (উঃ। 50,000)

23. Al এবং Mg-এর একটি সঙ্কর ধাতুর 1 গ্রাম অতিরিক্ত HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $AlCl_3$, $MgCl_2$ এবং H_2 উৎপন্ন করে। উৎপন্ন H_2-এর আয়তন 699 মিমি. চাপে এবং 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 1200 মিলি. সঙ্কর ধাতুটির সংযুতি নির্ণয় কর। [I. I. T. 1971] (উঃ। Al=54·87% ; Mg=45·2%)

24. অনার্দ্র Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর একটি মিশ্রণের 30 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করিলে 3·48 গ্রাম ওজন হারায়। মিশ্রণটিতে অনার্দ্র Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ কত? [Patna, 1952] (উঃ। 68·56%)

25. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 10 মিলিলিটারের সহিত O_2 মিশ্রিত করিয়া দহন করা হইল। মিশ্রিত O_2-এর N. T. P.-তে আয়তন ছিল 80 মিলি.। দহন শেষে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন N. T. P.-তে 70 মিলি.। KOH দ্রবণে পরিচালনা করার পর এই আয়তন 50 মিলিলিটারে পরিণত হইল। হাইড্রোকার্বনটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1976] (উঃ। CH_2)

26. পিতল Cu এবং Zn-এর সঙ্কর ধাতু। 5·793 গ্রাম পিতল অতিরিক্ত H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া 20° সেন্টিগ্রেড এবং 750 মিমি. চাপে 324 মিলি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। পিতলে Cu-এর শতকরা পরিমাণ বাহির কর। [I. I. T. 1968] (উঃ। 85·002%)

27. সম-আয়তনে CO এবং H_2 আছে এমন একটি ওয়াটার গ্যাসের 24 মিলিলিটারের সহিত 80 মিলি. বায়ু মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বায়ুতে আয়তন হিসাবে 20% অক্সিজেন বর্তমান এবং সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর। [S. C. 1967] (উঃ। O_2=4 মিলি., N_2=64 মিলি., CO_2=12 মিলি.)

28. CH_4, C_2H_4 এবং CO_2-এর একটি মিশ্রণের 10 মিলি. লইয়া অতিরিক্ত বায়ুতে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিস্ফোরণের পর শীতল করিয়া দেখা গেল 17 মিলি. সঙ্কোচন ঘটিয়াছে। KOH দ্রবণে পরিচালিত করার পর দেখা গেল আরও 14 মিলি. আয়তন সঙ্কোচন হইয়াছে। মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি কি ছিল? (উঃ। CH_4=4·5 মিলি., C_2H_4=4·0 মিলি., CO_2=1·5 মিলি.)

29. বাণিজ্যিক NaOH-এ NaCl অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। বাণিজ্যিক NaOH-এ NaCl-এর পরিমাণ মাপার জন্য ইহার 2 গ্রাম লইয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল এবং ইহাতে অতিরিক্ত পরিমাণ $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করা হইল। উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে ধৌত এবং শুষ্ক করিয়া ওজন লইয়া দেখা গেল ইহার ওজন 0·287 গ্রাম। ব্যবহৃত NaOH-এ NaCl-এর পরিমাণ কত? (উঃ। 0·117 গ্রাম)

30. Mg এবং Al-এর একটি সঙ্কর ধাতুর 1·2 গ্রাম অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 23° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 100·7 কিলো পাসকেল চাপে 1·42 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। সঙ্কর ধাতুটির শতকরা সংযুক্তি নির্ণয় কর। [কিলো পাসকেল = Kpa, 100 Kpa = 750 mm]

(উঃ। Mg = 49·2% ; Al = 50·8%)

31. 125 গ্রাম মলিবডেনাম অক্সাইডকে (MoO_3) ধাতুতে পরিণত করিতে N. T. P.-তে কত আয়তন H_2-এর প্রয়োজন ? (উঃ। 58·3 লিটার)

32. এক টুকরা অশুদ্ধ আয়রনের ওজন 3·4260 গ্রাম। ইহাকে যথাযথ বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে, ইহা হইতে 0·0998 গ্রাম SiO_2 উৎপন্ন হয়। প্রদত্ত আয়রনের টুকরাটিতে Si-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। (উঃ। 1·36%)

33. আংশিক ভাবে জারিত Mg গুঁড়ার 5·10 গ্রাম অতিরিক্ত লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া S. T. P.-তে 3·74 লিটার H_2 উৎপন্ন করে। প্রদত্ত গুঁড়ার Mg-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (উঃ। 79·6%)

34. ধাতব Al এবং ইহার একটি অক্সাইডের মিশ্রণের 3·9 গ্রাম অতিরিক্ত NaOH দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া N. T. P.-তে 840 মিলি. একটি গ্যাস উৎপন্ন করিল। মিশ্রণটির শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। (উঃ। Al = 17·3%)

35. 10 গ্রাম Cu-কে লঘু HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া বিক্রিয়াশেষে দ্রবণটিকে বাষ্পীভূত করিলে কত গ্রাম $Cu(NO_3)_2, 3H_2O$ উৎপন্ন হইবে ?

(উঃ। 38 গ্রাম)

36. একটি দ্রবণে 5 গ্রাম KOH আছে। অপর একটি দ্রবণে 6·8 গ্রাম $AlCl_3$ আছে। প্রথম দ্রবণটি দ্বিতীয় দ্রবণে যোগ করা হইল। উৎপন্ন অধঃক্ষেপের ওজন কত ? (উঃ। 2·3 গ্রাম)

37. প্রকৃতি হইতে প্রাপ্ত চুনাপাথরে 90% $CaCO_3$ আছে। 7 টন CaO অক্সাইড পাইতে হইলে কত ওজন চুনাপাথর উত্তপ্ত করিতে হইবে ? $CaCO_3$ উত্তপ্ত করিলে CaO এবং CO_2 পাওয়া যায়। (উঃ। 13·9 টন)

38. লোহিত তপ্ত কয়লার উপর দিয়া জলীয় বাষ্প পরিচালনা করিলে ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই ওয়াটার গ্যাসে সম-আয়তন CO এবং H_2 থাকে। 3 কিলোগ্রাম কয়লা হইতে N. T. P.-তে কত আয়তন ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হইবে ? (উঃ। 11·2 কিউবিক মিটার)

39. একটি গ্যাস-মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি নিয়ে দেওয়া হইল :

H_2 = 50%, CH_4 = 35%, CO = 8%, C_2H_4 = 2%, অদাহ্য গ্যাস = 5%। বায়ুতে আয়তন হিসাবে 21% O_2 থাকিলে গ্যাস-মিশ্রণটির 1 ঘন মিটার দহনের জন্য কত আয়তন বায়ুর প্রয়োজন হইবে ? (উঃ। 5 ঘন মিটার)

40. 4·00 গ্রাম NH_3 গ্যাসের সহিত 7·3 গ্রাম HCl গ্যাস মিশ্রিত করিলে উৎপন্ন NH_4Cl-এর পরিমাণ কত হইবে ? বিক্রিয়ায় উদ্বৃত্ত গ্যাসটি কি এবং উহার পরিমাণ কত ? (উঃ। NH_4Cl = 10·7 গ্রাম ; NH_3 = 0·6 গ্রাম)

41. একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে 10 মোল SO_2 এবং 15 মোল O_2 বর্তমান। এই গ্যাস-মিশ্রণটিকে একটি অনুঘটক কক্ষের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 8 মোল SO_3 গঠন করে। কত মোল SO_2 এবং O_2 বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে নাই? (উঃ। $SO_2=2$ মোল; $O_2=11$ মোল)

42. 265 গ্রাম Na_2CO_3 হইতে কত গ্রাম NaCl পাওয়া যাইবে?

(উঃ। 292·5 গ্রাম)

43. 0·80 কিলোগ্রাম CaC_2 হইতে S. T. P.-তে কত আয়তন অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) উৎপন্ন হইবে? (উঃ। 0·28 ঘন মিটার)

44. 0·20 মোল $FeCl_3$ আছে এমন একটি দ্রবণে 0·24 মোল NaOH যোগ করা হইল। উৎপন্ন $Fe(OH)_3$-এর মোলসংখ্যা কত? বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট $FeCl_3$-এর পরিমাণ কত?

(উঃ। $Fe(OH)_3=0·08$ মোল; $FeCl_3=0·12$ মোল)

45. 3 গ্রাম অ্যানথ্রাসাইটকে দহন করার পর S. T. P.-তে 5·30 লিটার CO_2 পাওয়া গেল। অ্যানথ্রাসাইটে শতকরা কত ভাগ কার্বন আছে? (উঃ। 94·6%)

46. একটি দ্রবণে 34·00 গ্রাম $AgNO_3$ বর্তমান। অপর একটি দ্রবণে সমপরিমাণ NaCl বর্তমান। এই দ্রবণ দুইটি মিশ্রিত করিলে সমস্ত Ag^+ কি বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিবে? বিক্রিয়ায় ফলে উৎপন্ন AgCl-এর পরিমাণ কত?

(উঃ। হ্যাঁ; AgCl=28·7 গ্রাম)

47. একটি যৌগে 26·53% K, 35·37% Cr এবং 38·10% O_2 বর্তমান। ইহার সরলতম সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। $K_2Cr_2O_7$)

48. বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের 36·6 গ্রামকে উত্তপ্ত করিলে উহা 5·4 গ্রাম ওজন হারায়। বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

(উঃ। $BaCl_2, 2H_2O$)

49. বিউটিরিক অ্যাসিডে 54·5% কার্বন, 36·4% অক্সিজেন এবং 9·1% হাইড্রোজেন আছে। যদি ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 44 হয় তাহা হইলে ইহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? (উঃ। $C_4H_8O_2$)

50. একটি যৌগের বায়ুর সাপেক্ষে ঘনত্ব 4·41। যৌগটিতে 93·75% C এবং 6·25% H_2 আছে। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

(উঃ। $C_{10}H_8$)

51. একটি হাইড্রোকার্বনের 4·3 গ্রামকে দহন করিলে 13·2 গ্রাম CO_2 উৎপন্ন হয়। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 43। ইহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে? (উঃ। C_6H_{14})

52. 1 আয়তন একটি গ্যাস এবং 2 আয়তন O_2 মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানোর পর দেখা গেল 2 আয়তন CO_2 এবং 1 আয়তন N_2 উৎপন্ন হইয়াছে। গ্যাসটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। C_2N_2)

53. বোরনের একটি হাইড্রাইডের এক লিটারের ওজন সমচাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার নাইট্রোজেনের ওজনের সমান এবং হাইড্রাইডটিতে বোরনের শতকরা পরিমাণ 78·2%। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ধারণ কর। (উঃ। B_2H_6)

54. (i) KNO_3, (ii) NH_4NO_3, (iii) $(NH_4)_3PO_4$—এই যৌগ তিনটির প্রত্যেকটির 1 কিলোগ্রামে নাইট্রোজেনের ভর কত?

(উঃ। (i) 138·5 গ্রাম; (ii) 350 গ্রাম; (iii) 212 গ্রাম)

55. 94% Fe_2O_3 আছে এমন একটি আয়রন আকরিকের 2 টন হইতে কত টন আয়রন উৎপন্ন হইবে? (উঃ। 1·32 টন)

56. একটি দ্রবণে 18 গ্রাম NaOH বর্তমান এবং অপর একটি দ্রবণে 20 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান। দ্রবণ দুইটি মিশ্রিত করিলে বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন দ্রবণের প্রকৃতি কি হইবে (আম্লিক না ক্ষারীয়)? (উঃ। ক্ষারীয়)

57. 200 গ্রাম HgO-কে উত্তপ্ত করিয়া যত পরিমাণ O_2 পাওয়া যাইবে সেই পরিমাণ O_2 পাইতে হইলে কত পরিমাণ $KClO_3$-কে উত্তপ্ত করিতে হইবে?

[C. U. 1946] (উঃ। 37·81 গ্রাম)

58. 2·9 গ্রাম NaOH আছে এমন একটি দ্রবণে Cl_2 গ্যাস পরিচালিত করিলে উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন কত হইবে? [C. U. 1915]

(উঃ। NaOCl=2·701 গ্রাম, NaCl=2·120 গ্রাম)

59. $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$-এর মিশ্রণের 1·42 গ্রাম তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল। স্থির ওজন পাওয়ার পর দেখা গেল অবশেষের ওজন 0·76 গ্রাম। মিশ্রণটিতে $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ কত? (উঃ। 29·58%)

60. 27 গ্রাম Al-কে সম্পূর্ণভাবে অক্সাইডে পরিণত করিতে কিছু পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন। নিম্নে কতকগুলি মান দেওয়া হইল, কোন্‌টি ঠিক বল:

(i) 8 গ্রাম, (ii) 16 গ্রাম, (iii) 24 গ্রাম, (iv) 32 গ্রাম, (v) 40 গ্রাম। (Al=27, O=16) [I. I. T. 1978] (উঃ। (iii) 24 গ্রাম)

61. একটি দ্রবণে 4·77 গ্রাম NaCl আছে। আর একটি দ্রবণে 5·77 গ্রাম $AgNO_3$ আছে। দ্রবণ দুইটি মিশ্রিত করিলে উৎপন্ন AgCl-এর পরিমাণ কত হইবে? [I. I. T. 1978] (উঃ। AgCl=4·87 গ্রাম)

62. Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর একটি মিশ্রণের 2 গ্রাম লইয়া 300° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল উহা 0·248 গ্রাম ওজন হারাইয়াছে। এই উষ্ণতায় $NaHCO_3$, Na_2CO_3, CO_2 এবং H_2O-এ বিয়োজিত হয়। মিশ্রণটিতে Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ কত?

[I. I. T. 1977] (উঃ। 66·4%)

63. একটি খর জলের 1 লিটারে 1 মিলিগ্রাম $CaCl_2$ এবং 1 মিলিগ্রাম $MgCl_2$ আছে। $CaCO_3$-এর ভিত্তিতে জলের মোট খরতা নির্ণয় কর। 10^6 ভাগ জলে এক ভাগ $CaCO_3$ থাকিলে উহার খরতা 1 একক ধরা হয়। (1 p. p. m.)। [I. I. T. 1980] (উঃ। 1·95 p. p. m.)

64. 2·2 গ্রাম প্রোপেন (C_3H_8)-কে সম্পূর্ণ দহন করিতে যে-পরিমাণ O_2-এর প্রয়োজন তাহার N. T. P.-তে আয়তন কত ? [I. I. T. 1976]

[উঃ। 5·6 লিটার)

65. $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

এই বিক্রিয়া-অনুসারে S. T. P.-তে 1·78 লিটার ক্লোরিন উৎপন্ন করিতে (i) কত গ্রাম MnO_2 প্রয়োজন এবং (ii) 1·12 আপেক্ষিক ঘনত্ববিশিষ্ট 40% HCl দ্রবণের কত আয়তন লাগিবে ? [I. I. T. 1977]

[উঃ। $MnO_2 = 6·913$ গ্রাম ; $HCl = 25·9$ মিলি.)

66. NaBr এবং NaCl-এর একটি মিশ্রণকে H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করার ফলে Br, Cl সম্পূর্ণরূপে HBr, HCl হিসাবে দূরীভূত হইল এবং পরিমাণগত ভাবে Na_2SO_4 উৎপন্ন হইল। দেখা গেল যে, উৎপন্ন Na_2SO_4-এর পরিমাণ ব্যবহৃত মিশ্রণের পরিমাণের সমান। মিশ্রণটিতে NaCl এবং NaBr-এর ওজনগত অনুপাত কত ? [I. I. T. 1971] (উঃ। NaBr : NaCl=1 : 1·45)

67. 3 গ্রাম $MgCO_3$-কে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করিতে কত গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন ? [D. H. S. 1946] (উঃ। 3·5 গ্রাম)

68. 80% MnO_2 আছে এমন একটি পাইরোলুসাইট আকরিকের কত ওজন HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া এমন পরিমাণ ক্লোরিন উৎপন্ন করিবে যাহা লঘু HCl এবং 10 গ্রাম Mg কর্তৃক উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারিবে ? (Mn=55, Mg=24, H=1, Cl=35·5, O=16) (উঃ। 45·3125 গ্রাম)

69. 7 গ্রাম $MgCO_3$, একটি নমুনার H_2SO_4-এর 14 গ্রামের সহিত যোগ করা হইল। বিক্রিয়াশেষে দেখা গেল 0·7 গ্রাম $MgCO_3$ অবশিষ্ট রহিল। H_2SO_4 দ্রবণের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। (উঃ। 52·5%)

70. 0·46 গ্রাম Na জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে-পরিমাণ NaOH উৎপন্ন করিবে সেই পরিমাণ NaOH-কে প্রশমিত করিতে, লিটার প্রতি 7·3 গ্রাম HCl আছে এমন অ্যাসিডের কত আয়তন প্রয়োজন ? [D. H. S. 1956]

(উঃ। 100 মিলি.)

71. 16 গ্রাম বিশুদ্ধ MnO_2 অতিরিক্ত HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিবার পর উৎপন্ন গ্যাসটিকে KI দ্রবণের মধ্যে পরিচালিত করা হইল। দ্রবণে উৎপন্ন I_2-এর পরিমাণ কত ? [Punjab, 1959] (উঃ। 46·71 গ্রাম)

72. N. T. P.-তে O_3 মিশ্রিত O_2-এর 600 মিলিলিটারের ওজন 1 গ্রাম হইলে মিশ্রণটিতে O_3-এর আয়তন কত ?

[Bombay, 1962] (উঃ। $O_3 = 200$ মিলি.)

73. BaO এবং CaO-এর একটি মিশ্রণের 2·50 গ্রাম H_2SO_4 অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 4·73 গ্রাম মিশ্র সালফেট গঠন করে। মিশ্রণটিতে BaO-এর শতকরা পরিমাণ কত ? (Ba=137, Ca=40, S=32, O=16)

[Patna, 1959] (উঃ। 59·95%)

74. 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা 765 মিমি. চাপে 10 লিটার CO_2 উৎপন্ন করিতে 95% বিশুদ্ধ মারবেল পাথরের কত গ্রাম প্রয়োজন হইবে?

[U. P. 1944] (উঃ। 42·4 গ্রাম)

75. গান পাউডারের (gunpowder) একটি মিশ্রণে 8 গ্রাম S, 3 গ্রাম C এবং প্রয়োজন মত জারক বর্তমান। 1 লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি বদ্ধপাত্রে মিশ্রণটি লইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। পাত্রের অভ্যন্তরে কত চাপ সৃষ্টি হইবে?

(উঃ। 11·2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ)

76. 6·3 গ্রাম ঘন HNO_3-এর সহিত ধাতব কপার যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন NO_2, NaOH দ্রবণের মধ্যে পরিচালিত করা হইল। দ্রবণে উৎপন্ন $NaNO_3$ এবং $NaNO_2$-এর মোল সংখ্যা কত?

(উঃ। $NaNO_2 = 0·025$ মোল ; $NaNO_3 = 0·025$ মোল)

77. 8 গ্রাম S-কে পোড়াইয়া SO_2 উৎপন্ন করা হইল। উৎপন্ন SO_2 500 মিলি. অ্যাসিড-মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণের রং বর্ণহীন করে। দ্রবণটিতে $KMnO_4$-এর মোল সংখ্যা কত এবং উহার ভর কত?

(উঃ। $KMnO_4 = 0·1$ মোল $= 15·80$ গ্রাম)

78. একটি জৈব যৌগের সংযুতি নিয়ে দেওয়া হইল:

C=32%, H=4%, অবশিষ্ট O_2, যৌগটির একটি অণুতে 6 পরমাণু অক্সিজেন আছে। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. '65] (উঃ। $C_4H_4O_6$)

79. 100 মিলি. ইথিলিনকে সম্পূর্ণ দহন করিবার জন্য যে-পরিমাণ O_2-এর প্রয়োজন তাহার N. T. P.-তে আয়তন কত? [Punjab, 1943]

(উঃ। 300 মিলি.)

80. N. T. P.-তে (a) 10 লিটার অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) এবং (b) 10 লিটার হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিতে কত আয়তন ক্লোরিনের প্রয়োজন হইবে? [D. H. S. 1958]

(উঃ। (a) 20 লিটার ; (b) 10 লিটার)

81. 80 মিলি. CO-এর সহিত 35 মিলি. অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণটি KOH দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন এবং প্রকৃতি কি হইবে?

[Nagpur, 1954] (উঃ। 10 মিলি. CO)

82. 50 মিলি. মিথেনের সহিত 90 মিলি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে গ্যাস-মিশ্রণটিকে প্রাথমিক উষ্ণতায় আনার পর গ্যাস-মিশ্রণটির সংযুতি কি হইবে? (উঃ। $CH_4 = 5$ মিলি. ; $CO_2 = 45$ মিলি.)

83. N. T. P.-তে 25 মিলি. মিথেনের সহিত 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 750 মিমি. চাপে 300 মিলি. বাতাস মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন 17°

সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা এবং 750 মিমি. চাপে কত হইবে? আয়তন হিসাবে বাতাসে 20% অক্সিজেন আছে। (উঃ। 263·1 মিলি.)

84. N_2O এবং NO-এর একটি মিশ্রণের 60 মিলি. সম-আয়তন H_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন N_2-এর আয়তন 38 মিলি.। মূল গ্যাস-মিশ্রণে N_2O ও NO-এর আয়তন নির্ণয় কর।

(উঃ। $N_2O=16$ মিলি., $NO=44$ মিলি.)

85. মিথেন এবং ইথিলিনের একটি মিশ্রণের 24 মিলি. অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাসকে KOH দ্রবণে পরিচালিত করিলে 34 মিলি. সঙ্কোচন ঘটে। মিশ্রণটিতে গ্যাস দুইটির আয়তনের অনুপাত নির্ণয় কর।

(উঃ। $CH_4=14$ মিলি., $C_2H_4=10$ মিলি.)

86. CO এবং H_2-এর মিশ্রণের 20 মিলি. 13 মিলি. O_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। শীতল করিবার পর উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন দেখা গেল 9 মিলি.। মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর।

[Punjab, 1947] (উঃ। $CO=6$ মিলি., $H_2=14$ মিলি.)

87. CH_4, H_2 এবং N_2-এর একটি মিশ্রণের 64 মিলি. 122. মিলি. O_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাসের পরিমাণ 69 মিলি.। KOH দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর দেখা গেল 48·2 মিলি. শোষিত হইয়াছে। মূল মিশ্রণে গ্যাস তিনটি কি আয়তনে মিশ্রিত ছিল?

(উঃ। $CH_4=48·2$ মিলি.; $H_2=9·6$ মিলি.; $N_2=6·2$ মিলি.)

88. N_2 এবং NO-এর একটি মিশ্রণের 25 মিলি. উত্তপ্ত Cu-এর উপর দিয়া পরিচালিত করিবার পর উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন হইল 20 মিলি.। মূল মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি শতকরা হিসাবে বাহির কর।

(উঃ। $NO=40\%$; $N_2=60\%$)

89. CO এবং C_2H_2-এর মিশ্রণের 20 মিলি. 30 মিলি. O_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া দহন করা হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন 34 মিলি.। KOH দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 8 মিলি.। মিশ্রণটির আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর।

(উঃ। $CO=14$ মিলি.; $C_2H_2=6$ মিলি.)

90. নিম্নলিখিত তথ্য হইতে CO, H_2, C_2H_4 এবং N_2-এর আয়তন নির্ণয় কর:

দহনে ব্যবহৃত উল্লিখিত গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন=80 মিলি.; যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন=100 মিলি.; বিস্ফোরণের পর শীতল না করিয়া গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন=160 মিলি.।

মিশ্রণটিকে অনার্দ্র $CaCl_2$-এর মধ্য দিয়া পরিচালিত করিবার পর আয়তন

=100 মিলি. KOH দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর আয়তন=40 মিলি. সকল আয়তন 120° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মাপা হইয়াছে।

(উঃ। $CO=20$ মিলি. ; $H_2=20$ মিলি. ;
$C_2H_4=20$ মিলি. ; $N_2=20$ মিলি.)

91. CO, CH_4 এবং C_2H_2-এর একটি মিশ্রণের 100 মিলিলিটারের সহিত 400 মিলি. O_2 মিশাইয়া দহন করা হইল। বিক্রিয়াশেষে শীতল করিবার পর আয়তন হইল 375 মিলি.। এই গ্যাস-মিশ্রণটি KOH দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর আয়তন হইল 224 মিলি.। মিশ্রণের আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর।

(উঃ। $CH_4=16$ মিলি. ; $CO=33$ মিলি.; $C_2H_2=51$ মিলি.)

92. 10 মিলি. অ্যামোনিয়াকে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের দ্বারা বিয়োজিত করার পর আয়তন হইল 20 মিলি.। ইহার সহিত 15 মিলি. O_2 যুক্ত করিয়া আবার বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠান হইল। ইহার পর শীতল করিয়া আয়তন হইল 12·5 মিলি.। অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। NH_3)

93. নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইডের 10 মিলি. উত্তপ্ত লৌহের উপর প্রবাহিত করিয়া একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস পাওয়া গেল। গ্যাসটির আয়তন প্রাথমিক তাপমাত্রায় ও চাপে 5 মিলি.। গ্যাসীয় অক্সাইডটির 0·183 গ্রামের আয়তন N. T. P.-তে 136·8 মিলি.। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। NO)

94. নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 23। গ্যাসটির 250 মিলি. উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে 125 মিলি. নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। গ্যাসটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। NO_2)

95. ওজোন এবং অক্সিজেনের একটি মিশ্রণের 100 মিলি. টারপেন্টাইন সহযোগে ঝাঁকাইবার পর আয়তন হইল 84 মিলি.। একই মিশ্রণের 50 মিলি.-কে উত্তপ্ত করিয়া শীতল করিলে আয়তন হয় 54 মিলি.। ওজোনের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Rajputana, 1943] (উঃ। O_3)

96. 100 মিলি. একটি গ্যাস ধাতব টিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হইয়া স্টানাস সালফাইড গঠন করে। উৎপন্ন গ্যাসকে উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর প্রবাহিত করিবার পর 0·081 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 17 হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Punjab, 1932] (উঃ। H_2S)

97. 12 মিলি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইলে 24 মিলি. আয়তন সঙ্কোচন হয়। উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে আরও 12 মিলি. সঙ্কোচন ঘটে। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। উহার নাম কি?

(উঃ। CH_4, মিথেন)

98. 25 মিলি. একটি হাইড্রোকার্বনকে 400 মিলি. CO_2 মুক্ত বাতাসের সহিত মিশ্রিত করিয়া দহন করা হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন 375

মিলি.। ইহাকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিবার পর আয়তন দাঁড়ায় 325 মিলি.। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (উঃ। C_2H_4)

99. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 14 মিলি. অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। শীতল করার পর আয়তন সঙ্কোচন হইল 28 মিলি.। অতঃপর উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে সঙ্কোচন হয় 14 মিলি.। গ্যাসটির আণবিক সঙ্কেত কি? [U. P. 1959] (উঃ। CH_4)

100. 12·5 মিলি. একটি হাইড্রোকার্বন 100 মিলি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া দহন করা হইল। শীতল করিবার পর উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন 68·75 মিলি. হইল। অতঃপর KOH দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করাতে 50 মিলি. আয়তন সঙ্কোচন হইল। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত কি? [Punjab, 1963] (উঃ। C_4H_{10})

101. 10 মিলি. হাইড্রোকার্বন এবং 100 মিলি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে শীতল করিবার পর গ্যাস-মিশ্রণটির আয়তন হইল 95 মিলি.। দেখা গেল এই 95 মিলিলিটারে 20 মিলি. NaOH দ্বারা শোষিত হয় এবং অবশিষ্ট 75 মিলি. ক্ষারীয় পাইরোগ্যালোল দ্বারা সম্পূর্ণ শোষিত হয়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত বাহির কর। [M. P. 1959] (উঃ। C_2H_2)

102. 5·2 মিলি. একটি হাইড্রোকার্বন এবং অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে গ্যাস-মিশ্রণকে শীতল করিবার পর দেখা গেল 7·8 মিলি. আয়তন সঙ্কোচন ঘটিয়াছে। KOH দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর দেখা গেল আয়তন সঙ্কোচনের পরিমাণ 10·4 মিলি.। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Punjab, 1957] (উঃ। C_2H_2)

103. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 10 মিলিলিটারের পূর্ণ দহনের জন্য 238 মিলি. বাতাসের প্রয়োজন হয় (বাতাসে আয়তন হিসাবে 21% অক্সিজেন বর্তমান)। দহনের পর শীতল করিলে গ্যাস-মিশ্রণটির আয়তন হয় 218 মিলি.। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত নিরূপণ কর। [Punjab 1956] (উঃ। C_3H_8)

104. একটি হাইড্রোকার্বনের 500 মিলি. অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত দহন করিলে 2500 মিলি. CO_2 এবং 3000 মিলি. জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। সকল আয়তন সমচাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়া থাকিলে হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1974] (উঃ। C_5H_{12})

105. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 20 মিলি. এবং 66 মিলি. অক্সিজেন একত্রে লইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণকে শীতল করিবার পর দেখা গেল আয়তন হইয়াছে 56 মিলি.। KOH দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর আয়তন দাঁড়াইল 16 মিলি.। অবশিষ্ট গ্যাসটি অক্সিজেন। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [J. E. 1976] (উঃ। C_2H_2)

———

৫

তুল্যাঙ্কভার বা যোজনভার

(EQUIVALENT OR COMBINING WEIGHT)

[Syllabus : Equivalent weights. Determination of equivalent, atomic and molecular weights (Mol wt. by Victor Mayer's Method only). Dulong and Petit's law. Mitscherlich's law of isomorphism—numerical problems.]

তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight) : স্থিরানুপাত সূত্র হইতে আমরা জানিয়াছি যে, একটি যৌগ গঠনের সময় বিভিন্ন মৌল তাহাদের ভরের নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয়। সুতরাং নির্দিষ্ট পরিমাণ যৌগ গঠনে কোনও একটি উপাদান মৌলের ভর বা ওজন নির্দিষ্ট। অর্থাৎ নির্দিষ্ট পরিমাণ যৌগ গঠনে প্রত্যেকটি মৌলের নিজস্ব একটি ভর বা ওজন আছে, যাহার পরিবর্তন কখনই হয় না। আবার মিথানুপাত সূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে, যদি একটি মৌল অপর দুইটি মৌলের সহিত আলাদাভাবে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে তবে প্রথম মৌলটির নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌল দুইটি যে-যে-ওজনে যুক্ত থাকিবে, তাহারা নিজেদের মধ্যে যুক্ত হইবার সময় সেই সেই ওজনের অনুপাতে অথবা উহার গুণিতকের বা অবগুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হইবে। অর্থাৎ মিথানুপাত সূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি দুইটি মৌল কি ওজনের অনুপাতে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইবে। একটি উদাহরণ দিয়া ইহা বুঝানো হইল। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে (HCl) 35·5 গ্রাম ক্লোরিন 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। আবার সোডিয়াম হাইড্রাইডে (NaH) 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন 23 গ্রাম সোডিয়ামের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং মিথানুপাত সূত্র অনুসারে 23 গ্রাম সোডিয়াম 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠন করিবে। বাস্তবক্ষেত্রেও ইহা দেখা যায়। অনুরূপভাবে সকল মৌলের ক্ষেত্রেই এই ধরনের একটি নির্দিষ্ট সংখ্যা পাওয়া যায়, যে-সংখ্যাকে ওজনে প্রকাশ করিলে সেই ওজনের অনুপাতে মৌলগুলি পরস্পরের সহিত যুক্ত হয়। এই সংখ্যাগুলিকে এক একটি মৌলের **তুল্যাঙ্কভার** বা যোজনভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে। সুতরাং আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, মৌলগুলি যে-ওজনের অনুপাতে পরস্পরের সহিত যুক্ত হয় তাহা তাহাদের তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতের সমান। তাই মিথানুপাত সূত্রকে **তুল্যাঙ্কভার সূত্রও** বলা হয়।

তুল্যাঙ্কভারের স্কেল (Scale of Equivalent weight) : কোনও মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবার জন্য একটি নির্দিষ্ট মৌলের নির্দিষ্ট ওজনকে প্রমাণ ধরা হয়। বর্তমানে অক্সিজেনের 8 ভাগ ওজনকে প্রমাণ ধরা হয়। কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে তত ভাগ ওজনকে মৌলটির তুল্যাঙ্কভার বা যোজনভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

বলে। 1808 খ্রীষ্টাব্দে জন ডালটন হাইড্রোজেনকে প্রমাণ ধরিয়া মৌলের তুল্যাঙ্কভার পরিমাপ করেন। তাঁহার মতে কোনও মৌলের যত ভাগ ওজন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে তাহাই মৌলটির তুল্যাঙ্কভার। কিন্তু হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হালকা মৌল বলিয়া ইহাকে একক ধরিলে তুল্যাঙ্কভার গণনায় ত্রুটি দেখা দিতে পারে। তাছাড়া সাধারণত অক্সিজেনের সহিত অন্যান্য মৌলের যৌগের সংখ্যা উহাদের হাইড্রোজেন যৌগের তুলনায় অনেক বেশি। তাই বর্তমানে অক্সিজেনের 8 ভাগ ওজনকেই প্রমাণ ধরা হয়। অক্সিজেনকে প্রমাণ ধরিয়া হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভারের মান 1·008।

অনেক সময় ক্লোরিনকে প্রমাণ ধরিয়া তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়। অক্সিজেনকে প্রমাণ ধরিলে ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভারের মান 35·46।

তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা : কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অথবা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইতে পারে অথবা অক্সিজেন, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনঘটিত যৌগ হইতে যথাক্রমে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অথবা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনকে অপসারিত করিতে পারে, তত ভাগ ওজনকে মৌলটির তুল্যাঙ্কভার বা যোজনভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে। স্পষ্টতই কোনও মৌল তুল্যাঙ্কভার অনুযায়ী যুক্ত হইলে তুল্যাঙ্কভার অনুযায়ী অপসারিত হইবে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন আছে। এই হাইড্রোজেনকে অপসারিত করিতে যে-পরিমাণ সোডিয়াম দরকার তাহা সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভারের সমান হইবে।

$$HCl + Na \rightarrow NaCl + H \cdots \quad \cdots(1)$$
$$Na + H \rightarrow NaH \quad \cdots \quad \cdots(2)$$

(2) নং সমীকরণ হইতে পাই 23 গ্রাম সোডিয়াম 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে। অর্থাৎ সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 23। আবার 1 নং সমীকরণে 23 গ্রাম সোডিয়াম 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেনকে অপসারিত করিয়াছে। 1·008 হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার। সোডিয়ামের এক তুল্যাঙ্কভার হাইড্রোজেনের এক তুল্যাঙ্কভারকে অপসারিত করিয়াছে। অনুরূপভাবে প্রত্যেক বিক্রিয়ায় একটি মৌলের এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ, কোনও যৌগ হইতে, এক তুল্যাঙ্ক-পরিমাণ অন্য মৌলকে অপসারিত করে।

$$\therefore \text{ তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 1\cdot008}{\text{সংযুক্ত অথবা প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$
$$= \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 8}{\text{সংযুক্ত অথবা প্রতিস্থাপিত অক্সিজেনের ওজন}}$$
$$= \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 35\cdot46}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত ক্লোরিনের ওজন}}$$

উদাহরণ ঃ (i) জলে (H_2O) 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন 16 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া আছে। অথবা 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া আছে। অর্থাৎ 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত আছে। অতএব হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার 1·008।

(ii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে (HCl) 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন 35·46 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·46।

(iii) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ অর্থাৎ 65·38 গ্রাম জিঙ্ক সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন অপসারিত করিতে পারে। অতএব, 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন অপসারিত করিতে 32·69 গ্রাম জিঙ্কের প্রয়োজন। সুতরাং জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার 32·69।

(iv) $2KI + Cl_2 = I_2 + 2KCl$ এই সমীকরণ হইতে পাই 70·92 গ্রাম ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে 253·82 গ্রাম আয়োডিন অপসারিত করে। ∴ 35·46 গ্রাম ক্লোরিন 126·91 গ্রাম আয়োডিন অপসারিত করিবে। অতএব, আয়োডিনের তুল্যাঙ্কভার 126·91।

(v) ক্যালসিয়াম অক্সাইডে (CaO) 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 40·08 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম যুক্ত হয়। অতএব, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 20·04 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম যুক্ত হয়। সুতরাং, ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 20·04।

(vi) ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে ($MgCl_2$) 24·32 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম $35{\cdot}46 \times 2$ ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। অতএব, 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত ম্যাগনেসিয়ামের ওজন 12·16 ভাগ। সুতরাং ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 12·16।

(vii) ফেরিক ক্লোরাইডে ($FeCl_3$) 55·85 ভাগ ওজনের আয়রন 106·38 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। ∴ 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিন 18·616 ভাগ ওজনের আয়রনের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং, এই ক্ষেত্রে আয়রনের তুল্যাঙ্কভার 18·616।

গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (Gram-equivalent) ঃ

আমরা জানিতে পারিয়াছি তুল্যাঙ্কভার একটি সংখ্যা। সুতরাং, তুল্যাঙ্কভারের কোনও একক নাই। তবে **তুল্যাঙ্কভারকে যদি গ্রামে প্রকাশ করা হয় তাহাকে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে।**

ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·46। এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ক্লোরিন হইল 35·46 গ্রাম ক্লোরিন। 8 গ্রাম অক্সিজেন হইল এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অক্সিজেন। এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন হইল 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন। ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 20·04। সুতরাং, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্যালসিয়াম হইল 20·04 গ্রাম ক্যালসিয়াম।

যৌগমূলকের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of a compound radical) ঃ

যেহেতু যৌগমূলক বা মূলকগুলি এক একটি মৌলের ন্যায় ব্যবহার করে তাই মূলকের তুল্যাঙ্কভার হইল ইহার যতভাগ ওজন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অথবা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইতে পারে সেই সংখ্যামান। সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন 96 গ্রাম সালফেট মূলকের (SO_4^{--}) সঙ্গে যুক্ত আছে। অর্থাৎ 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন 48 গ্রাম SO_4^{--} মূলকের সঙ্গে যুক্ত আছে। অতএব, SO_4^{--} মূলকের তুল্যাঙ্কভার হইল 48। নাইট্রিক অ্যাসিডে (HNO_3) 62·008 ভাগ ওজনের নাইট্রেটমূলক (NO_3^-) 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং NO_3^- মূলকের তুল্যাঙ্কভার 62·008। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে (NH_4Cl) 18·032 ভাগ ওজনের অ্যামোনিয়ামমূলক (NH_4^+) 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত থাকে। সুতরাং NH_4^+ মূলকের তুল্যাঙ্কভার 18·032। সোডিয়াম কার্বনেটে (Na_2CO_3) 46 ভাগ ওজনের সোডিয়ামের সহিত 60 ভাগ ওজনের কার্বনেটমূলক (CO_3^{--}) যুক্ত থাকে অথবা 23 ভাগ ওজনের সোডিয়ামের সহিত 30 ভাগ ওজনের কার্বনেটমূলক যুক্ত থাকে। অতএব, CO_3^{--} মূলকের তুল্যাঙ্কভার=30।

যৌগিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of compounds) ঃ

মৌলের ন্যায় যৌগেরও তুল্যাঙ্কভার আছে। কোনও যৌগের যত ভাগ ওজন এক তুল্যাঙ্কভার কোনও মৌল বা যৌগের সহিত যুক্ত হয় তত ভাগ ওজনকে যৌগটির তুল্যাঙ্কভার বলে। নীচের উদাহরণগুলি আলোচনা করা যাক।

(i) $H_2+CuO=H_2O+Cu$। উচ্চ তাপমাত্রায় 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন 79·57 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে সম্পূর্ণভাবে ধাতব কপারে পরিণত করে। অতএব 1·008 গ্রাম হইড্রোজেন 39·78 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে সম্পূর্ণরূপে ধাতব কপারে পরিণত করে। 1·008 হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার। সুতরাং কিউপ্রিক অক্সাইডের তুল্যাঙ্কভার=39·78।

(ii) $Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$। সাধারণ তাপমাত্রায় 24·32 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম 98·016 ভাগ ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে। অথবা 12·16 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম 49·008 ভাগ ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 12·16। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার 49।

(iii) $2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$। 2×40 ভাগ ওজনের সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড 98 ভাগ ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম সালফেট এবং জল উৎপন্ন করে। অর্থাৎ 40 ভাগ ওজনের

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড 49 ভাগ ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে। সুতরাং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তুল্যাঙ্কভার 40।

ভাল করিয়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, একটি যৌগের তুল্যাঙ্কভার, যৌগটি যে-সকল মৌল বা যৌগমূলক দিয়া গঠিত তাহাদের নিজ নিজ তুল্যাঙ্কভারের যোগফলের সমান। সুতরাং যৌগের তুল্যাঙ্কভার এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা সম্ভব। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :

যৌগ	উপাদানগুলির তুল্যাঙ্কভার	যৌগের তুল্যাঙ্কভার
CuO	Cu=31·11, O = 8·00	39·78
H_2SO_4	H = 1·008, SO_4^{--}=48	49·008
NaOH	Na =23, OH^-=17	40
$AgNO_3$	Ag =107·88, NO_3^-= 62·008	169·888
$MgCl_2$	Mg=12·16, Cl =35·46	47·62
HCl	H = 1·008, Cl=35·46	36·468
NaH	Na=23, H = 1·008	24·008
CaO	Ca=20, O =8	28

মৌলের তুল্যাঙ্কভার পরিবর্তনশীল (Equivalent weight of an element may vary) : মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব পরিবর্তনশীল নহে কিন্তু মৌলের তুল্যাঙ্কভার পরিবর্তিত হইতে পারে। ইহা সম্ভব যখন দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ গঠন করে। কপার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দুই রকমের অক্সাইড গঠন করে। একটি কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) এবং অপরটি কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO)। স্পষ্টতই প্রথম অক্সাইডে 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপারের পরিমাণ 63·5 গ্রাম এবং দ্বিতীয়টিতে 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপারের পরিমাণ 31·75 গ্রাম। সুতরাং প্রথমটিতে কপারের তুল্যাঙ্কভার 63·5 এবং দ্বিতীয় যৌগটিতে কপারের তুল্যাঙ্কভার 31·75। আয়রনের দুই রকম অক্সাইড পাওয়া যায়। একটি ফেরাস অক্সাইড (FeO) এবং অপরটি ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3)। প্রথমটিতে আয়রনের তুল্যাঙ্কভার 27·925 এবং দ্বিতীয়টিতে আয়রনের তুল্যাঙ্কভার 18·616। অনুরূপভাবে, PCl_3 এবং PCl_5 যৌগ দুইটিতে ফসফরাসের দুই রকম তুল্যাঙ্কভার থাকিবে। $SnCl_2$ এবং $SnCl_4$-এ টিন-এর দুই রকম তুল্যাঙ্কভার থাকিবে। সুতরাং আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, একটি মৌলের একাধিক তুল্যাঙ্কভার থাকিতে পারে।

মৌলের যোজ্যতা, পারমাণবিক গুরুত্ব এবং তুল্যাঙ্কভারের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between valency atomic weight and equivalent weight of an element) :

ধরা যাক, কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন $=a$

তুল্যাঙ্কভার $=e$

যোজ্যতা $=n$

যোজ্যতার সংজ্ঞানুসারে মৌলটির একটি পরমাণু n-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে। অর্থাৎ $(n \times 1{\cdot}008)$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন মৌলটির 'a' ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইবে। অতএব $1{\cdot}008$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের $\frac{a}{n}$ ভাগ ওজনের মৌলটির সহিত যুক্ত হইবে। তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা অনুসারে $\frac{a}{n}$ মৌলটির তুল্যাঙ্কভার হইবে।

$$\therefore \quad e=\frac{a}{n} \quad \text{বা,} \quad a=n \times e$$

$\therefore$ কোনও মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব = মৌলটির তুল্যাঙ্কভার × ইহার যোজ্যতা

উদাহরণ : ফেরাস অক্সাইডে আয়রনের যোজ্যতা 2 এবং তুল্যাঙ্কভার 27·925।

$\therefore$ আয়রনের পারমাণবিক ওজন $=27{\cdot}925 \times 2=55{\cdot}850$।

আবার ফেরিক অক্সাইডে আয়রনের যোজ্যতা 3 এবং তুল্যাঙ্কভার 18·616।

$\therefore$ আয়রনের পারমাণবিক গুরুত্ব $=18{\cdot}616 \times 3=55{\cdot}848$।

মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : বিভিন্ন উপায়ে মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা সম্ভব। তবে যে-সকল পদ্ধতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য সেগুলি অধাতুর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নহে। তাই ধাতু ও অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় পদ্ধতি আলাদাভাবে দেখান হইল।

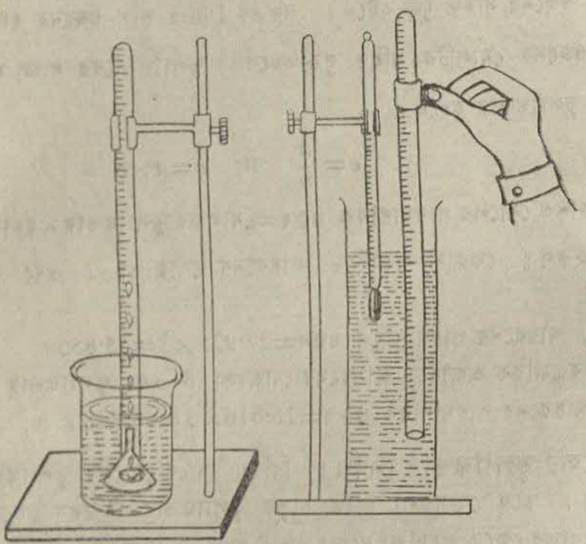
ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় পদ্ধতি :

(a) ধাতু দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া ; (b) ধাতুর অক্সাইড যৌগ গঠন করিয়া ; (c) ধাতুর অক্সাইড যৌগ বিজারণ করিয়া ; (d) ধাতুর ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিয়া ; (e) ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রের সাহায্যে।

(a) অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া :

অল্প পরিমাণ ধাতু সঠিকভাবে ওজন করিয়া একটি ওয়াচ গ্লাসে লওয়া হয়। ওয়াচ গ্লাসটি (watch glass) 500 ml বীকারে (beaker) লইয়া তাহার উপর একটি ফানেল (funnel) উল্টাইয়া চাপা দেওয়া হয়। তারপর বীকারটি জল দ্বারা এমন-ভাবে পূর্ণ করা হয় যেন ফানেলটি জল দ্বারা সম্পূর্ণভাবে নিমজ্জিত থাকে। একটি অংশাঙ্কিত এক মুখ বন্ধ নল জল দ্বারা সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ করিয়া এবং সাবধানে নলটির

উন্মুক্ত মুখটি বুড়া আঙ্গুল দ্বারা বন্ধ করিয়া ফানেলটির উপর এমনভাবে বসান হয় (চিত্র 5.1) যেন ফানেলটির নল অংশাঙ্কিত নলের মধ্যে থাকে। অংশাঙ্কিত নলটির মুখটি বুড়া আঙ্গুল দিয়া এমনভাবে চাপিয়া ধরিতে হইবে যেন ইহার ভিতরে বায়ু প্রবেশ না করে। এইবার অংশাঙ্কিত নলটি ক্লাম্পের (clamp) সাহায্যে স্ট্যাণ্ডে আটকান হয়। অতঃপর বীকারের জলে প্রয়োজনমত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া কাচদণ্ড দিয়া নাড়ান হয়। ধাতু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা অংশাঙ্কিত নলে জমা হয়।



চিত্র 5.1 অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়

বিক্রিয়াটি সমাপ্ত হইলে অংশাঙ্কিত নলটি একটি কাগজ টুকরার সাহায্যে ধরিয়া বীকার হইতে বাহির করিয়া লওয়া হয়। বীকার হইতে বাহির করিবার সময় অংশাঙ্কিত নলের উন্মুক্ত মুখটি ডানহাতের বুড়া আঙ্গুল দ্বারা এমনভাবে চাপিয়া রাখিতে হইবে যেন নলমধ্যস্থিত অবশিষ্ট জল বাহির হইয়া না যায়। ইহার পর অংশাঙ্কিত নলটির উন্মুক্ত মুখ একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া নলটির ভিতরের জল এবং বাহিরের জল একই তলে আনিতে হয়। এইবার অংশাঙ্কিত নলে সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন অঙ্কিত দাগ হইতে নির্ণয় করা হয়। জলের তল ভিতরে এবং বাহিরে একই রাখার কারণ হইল, এই অবস্থায় সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাইড্রোজেনের আয়তনের সমান। পরীক্ষাগারের জলের তাপমাত্রা এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পাঠ করিয়া সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন হইতে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়।

গণনা ঃ ধরা যাক, ব্যবহৃত ধাতুর ওজন = W গ্রাম

পরীক্ষাগারের চাপ এবং তাপমাত্রায় সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন = V ml

N. T. P.-তে শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন = V′ ml

পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = f মিমি.

পরীক্ষাকালীন বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = P মিমি.

,, ,, উষ্ণতা = t°C

যেহেতু হাইড্রোজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সঞ্চিত হইয়াছে সুতরাং উহা আর্দ্র। এই ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের চাপ এবং জলীয় বাষ্পের মিলিত চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হইবে। সুতরাং শুষ্ক হাইড্রোজেন চাপ $(P-f)$ মিমি. হইবে।

চার্লস্ এবং বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিয়া $\dfrac{760 \times V'}{273} = \dfrac{(P-f) \times V}{273+t}$

$$V' = \frac{(P-f) \times V \times 273}{760(273+t)}$$

N. T. P.-তে 1 মিলি. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·000089 গ্রাম

$\therefore$ V′ মিলি. হাইড্রোজেন $= \dfrac{(P-f) \times V \times 273 \times 0{\cdot}000089}{760(273+t)}$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{W \times 760 \times (273+t) \times 1{\cdot}008}{(P-f) \times V \times 273 \times 0{\cdot}000089}$

বিঃ দ্রঃ (1) এই পদ্ধতি জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন এবং অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

(2) জিঙ্কের ক্ষেত্রে বিক্রিয়া শুরু করার জন্য সামান্য পরিমাণ কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা হয়, কারণ বিশুদ্ধ জিঙ্ক সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ভালভাবে বিক্রিয়া করে না। তবে কপার সালফেটের পরিমাণ খুব বেশি হওয়া উচিত নয়।

(3) এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ধাতুর পরিমাণ খুব সামান্য হওয়া প্রয়োজন, কারণ উৎপন্ন হাইড্রোজেন অংশাঙ্কিত নলের আয়তন অপেক্ষা কম হওয়া প্রয়োজন।

(4) হাতের উত্তাপে সঞ্চিত গ্যাসের আয়তন যাহাতে বৃদ্ধি না হয় তাই অংশাঙ্কিত নলটি কাগজের টুকরার সাহায্যে ধরা উচিত।

(5) অংশাঙ্কিত নলটি বৃহৎ জলপাত্রে প্রবেশ এবং বাহির করিবার সময় উহার উন্মুক্ত মুখ এমনভাবে বুড়া আঙ্গুল দিয়া চাপিয়া ধরিতে হইবে যাহাতে বাহিরের বাতাস উহার মধ্যে প্রবেশ না করে।

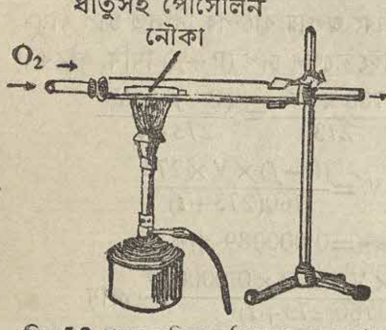
(b) ধাতুর অক্সাইড যৌগ গঠন করিয়া ঃ

(i) ধাতুর সহিত অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগে ধাতব অক্সাইড গঠন।

(ii) ধাতব নাইট্রেট যৌগ গঠন করিয়া উত্তাপ প্রয়োগে ধাতব অক্সাইড গঠন।

(i) প্রথমে একটি পোর্সেলিন নৌকাকে ভালভাবে ধৌত এবং শুষ্ক করিয়া তাহার ওজন লওয়া হয়। অতঃপর অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ ধাতু ইহার মধ্যে লইয়া আবার ওজন লওয়া হয়।

ধাতুসহ পোর্সেলিন নৌকাটি একটি দহন-নলের (চিত্র 5.2) মধ্যে রাখিয়া দহন-নলটি অনুভূমিকভাবে আটকান হয়। দহন-নলটির দুই মুখ দুইটি কর্ক দ্বারা বন্ধ থাকে। কর্ক দুইটির মধ্যে দুইটি ছিদ্র দিয়া কাচনল ঢোকান থাকে। একটি নল দিয়া শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাস প্রবেশ করান হয় এবং অপর নল দিয়া অতিরিক্ত অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইয়া যায়।



চিত্র 5.2 ধাতুর সহিত অক্সিজেনের সংযোগ করিয়া তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়

দহন-নলের নীচে বুনসেন বার্নার (Bunsen burner) দিয়া পোর্সেলিন নৌকাটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করার সময়ে দহন-নলের মধ্যে অক্সিজেন প্রবাহ চালু রাখা হয়। পোর্সেলিন নৌকাস্থিত ধাতু অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব অক্সাইড গঠন করে। বিক্রিয়া সমাপ্ত হইলে বার্নার সরাইয়া লইয়া অক্সিজেন প্রবাহ চালু রাখিয়া দহন-নল ঠাণ্ডা করা হয়। ধাতব অক্সাইডসহ পোর্সেলিন (Porcelain) নৌকাটির আবার ওজন লওয়া হয়। বিক্রিয়াটি সমাপ্ত হইয়াছে কিনা বুঝিতে হইলে, অক্সাইডসহ পোর্সেলিন নৌকার ওজন যতক্ষণ না স্থির হয় ততক্ষণ উপরের পরীক্ষাটি পুনরাবৃত্তি করিতে হয় (চিত্র 5.2)।

গণনা ঃ ধরা যাক, পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_1$ গ্রাম
ধাতুসহ পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_2$ গ্রাম
ধাতব অক্সাইডসহ পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত ধাতুর ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম
উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_3 - W_1 - W_2 + W_1)$ গ্রাম
$= (W_3 - W_2)$ গ্রাম

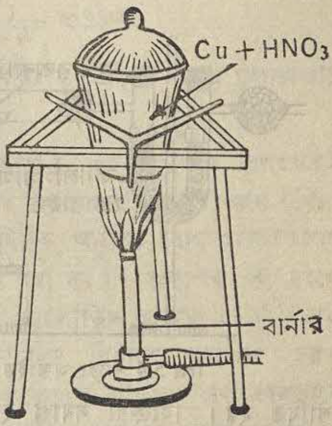
$\therefore$ ধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার $= \dfrac{(W_2 - W_1)}{(W_3 - W_2)} \times 8$

বাতাসে নাইট্রোজেন থাকায় যে-সকল ধাতু নাইট্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাইড যৌগ (যেমন, Mg) উৎপন্ন করে তাহাদের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রয়োগ সমীচীন হইবে না। এই পদ্ধতিতে টিনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।

(ii) ঢাকনাসমেত পরিষ্কার এবং শুষ্ক একটি পোর্সেলিন মুচি লইয়া ওজন করা হয়। তারপর ইহাতে সামান্য পরিমাণ বিশুদ্ধ ধাতু (যথা, কপার) লইয়া

আবার ওজন করিতে হয়। মুচিটিতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে ধাতুটি দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রেট লবণে রূপান্তরিত হইবে এবং বাদামি বর্ণের একটি গ্যাস নির্গত হইবে। বিক্রিয়াটি চলাকালীন পোর্সেলিন মুচিটি ঢাকনা দিয়া প্রায় আবৃত করিয়া রাখিতে হয়। অন্যথায় বিক্রিয়ক পদার্থগুলি ছিটকাইয়া পড়িতে পারে। ফলে তুল্যাঙ্কভার গণনায় ত্রুটি আসিয়া যাইবে। ইহার পর মুচিটিকে জলগাহে বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে তরল অংশ বাষ্পায়িত হইয়া যাইবে এবং কঠিন ধাতব নাইট্রেট অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে।

উৎপন্ন নাইট্রেটসহ মুচিটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ধাতব নাইট্রেট ধাতব অক্সাইডে পরিণত হইবে। সাধারণত অগ্নিসহ মৃত্তিকা-নির্মিত ত্রিকোণের উপর মুচিটিকে বসাইয়া বুনসেন বার্নার (Bunsen burner) দ্বারা তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিতে হয়। এই সময়ে একটি বাদামি বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়। গ্যাসের নির্গমন বন্ধ হইলে বুঝিতে হইবে বিক্রিয়া সমাপ্ত হইয়াছে। অতঃপর মুচিটিকে ডেসিকেটরে (desicator) রাখিয়া ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লওয়া হয়। যতক্ষণ না স্থির ওজন পাওয়া যায় ততক্ষণ পরীক্ষাটির পুনরাবৃত্তি করিতে হয়। এই পদ্ধতিতে Cu, Zn, Sn, এবং Fe-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়। তবে Sn নাইট্রেট যৌগ উৎপাদনের পরিবর্তে আর্দ্র SnO_2 গঠন করে। আর্দ্র SnO_2-কে উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র SnO_2 পাওয়া যায় (চিত্র 5.3)।



চিত্র 5.3 ধাতুর নাইট্রেট যৌগ গঠন করিয়া উত্তাপ প্রয়োগে ধাতব অক্সাইড গঠন

গণনা : ধরা যাক, ঢাকনাসহ মুচির ওজন $= W_1$ গ্রাম

ব্যবহৃত ধাতুর এবং ঢাকনাসহ মুচির ওজন $= W_2$ গ্রাম

ধাতব অক্সাইড এবং ঢাকনাসহ মুচির ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত ধাতুর ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

উৎপন্ন ধাতুর অক্সাইডের ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত ধাতুর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=$

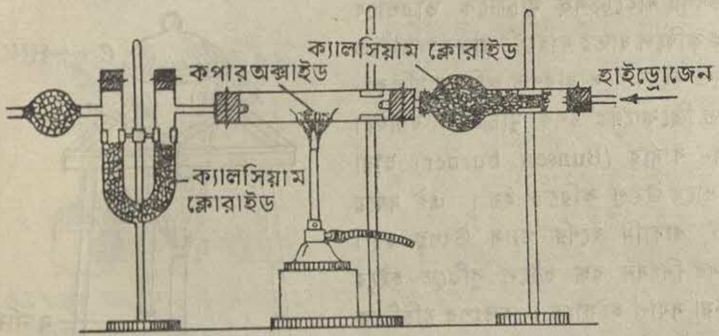
$(W_3 - W_1 - W_2 + W_1)$ গ্রাম $= (W_3 - W_2)$ গ্রাম

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_3 - W_2)}$$

(c) ধাতুর অক্সাইড যৌগ বিজারণ করিয়া :

প্রথমে একটি পরিষ্কার এবং শুষ্ক পোর্সেলিন নৌকার ওজন লওয়া হয়। অতঃপর ইহাতে সামান্য ধাতব অক্সাইড (যথা, কপার অক্সাইড) লইয়া পুনরায়

ইহার ওজন লওয়া হয়। এইবার ধাতব অক্সাইডসহ পোর্সেলিন নৌকাটি দহন-নলের মধ্যে লওয়া হয়। দহন-নলটির তুই প্রান্তে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের গার্ডটিউব (guard tube) লাগান থাকে। দহন-নলের নীচে বার্নার দ্বারা ধাতব অক্সাইডসহ পোর্সেলিন নৌকাটিকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত করার সময়ে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস দহন-নলের মধ্যে এক প্রান্ত হইতে প্রবেশ করান হয়। ধাতব অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। উৎপন্ন জলীয় বাষ্প দহন-নলের অপর প্রান্তে আটকান ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গার্ড টিউব (guard tube) দ্বারা



চিত্র 5.4 ধাতুর অক্সাইড যৌগ বিজারণ করিয়া তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়

শোষিত হয়। বিক্রিয়া সমাপ্ত হইলে তাপ প্রয়োগ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং হাইড্রোজেন প্রবাহ চালু রাখিয়া পোর্সেলিন নৌকাটি শীতল করিতে হয়। অতঃপর উৎপন্ন ধাতুসহ পোর্সেলিন নৌকাটির ওজন লওয়া হয়। যতক্ষণ না ধাতুসহ পোর্সেলিন নৌকার স্থির ওজন পাওয়া যায় ততক্ষণ পরীক্ষাটি পুনরাবৃত্ত করিতে হয়।

গণনা : ধরা যাক, পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_1$ গ্রাম

ধাতব অক্সাইডসহ পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_2$ গ্রাম

ধাতুসহ পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত ধাতব অক্সাইডের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

ব্যবহৃত অক্সাইড হইতে উৎপন্ন ধাতুর ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত ধাতব অক্সাইডে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন,

$= (W_2 - W_1 - W_3 + W_1)$ গ্রাম $= (W_2 - W_3)$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{(W_3 - W_1) \times 8}{(W_2 - W_3)}$

এই পদ্ধতিতে কপার (Cu), লেড (Pb), আয়রন (Fe) প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়।

(d) ধাতুর ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিয়া :

(i) ক্লোরিনের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোগ : এই পদ্ধতিতে প্রথমে অল্প পরিমাণ ধাতু সঠিকভাবে ওজন করা হয়। তারপর ইহাকে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক

ক্লোরিনের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করা হয়। ধাতু ধাতব ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়। উৎপন্ন ধাতব ক্লোরাইডকে শীতল করিয়া আবার ওজন লওয়া হয়। বিক্রিয়াটি সমাপ্ত করিতে হইলে উৎপন্ন ধাতব ক্লোরাইডের স্থির ওজন না পাওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়াটির পুনরাবৃত্তি করিতে হয়।

গণনা ঃ ধরা যাক, ব্যবহৃত ধাতুর ওজন $= W_1$ গ্রাম

উৎপন্ন ধাতব ক্লোরাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত ধাতুর সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{W_1}{W_2 - W_1} \times 35{\cdot}46$

এই পদ্ধতিতে Fe (আয়রন), Al (অ্যালুমিনিয়াম) প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়।

(ii) ক্লোরিনের সহিত পরোক্ষ সংযোগ ঃ এই পদ্ধতিতে সিলভারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়। অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ সিলভার সঠিকভাবে ওজন করিয়া একটি বীকারে লওয়া হয়। ইহাতে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া ধাতব সিলভারকে সম্পূর্ণরূপে নাইট্রেট লবণে পরিণত করা হয়। অতঃপর এই দ্রবণে অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া আলোড়িত করিতে হয়। ইহার ফলে ধাতব সিলভার সম্পূর্ণরূপে সিলভার ক্লোরাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। $AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3$। অধঃক্ষেপকে পরিস্রুত এবং ভালভাবে ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। সাধারণত যে-ফিলটার কাগজের দ্বারা পরিস্রাবণ করা হয় সেই ফিলটার কাগজটিকে আগে ওজন করিয়া লওয়া হয়। পরিস্রাবণের পর অধঃক্ষেপকে ধৌত করিয়া বায়ুচুল্লীতে শুষ্ক করিয়া ডেসিকেটরে শীতল করিয়া আবার ওজন লওয়া হয়। এই ওজন হইতে ফিল্টার কাগজের ওজন বাদ দিলে উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন পাওয়া যায়।

গণনা ঃ ধরা যাক, ব্যবহৃত সিলভারের ওজন $= W_1$ গ্রাম

উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত ধাতুর সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ সিলভারের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{W_1 \times 35{\cdot}46}{W_2 - W_1}$

বিকল্প গণনা ঃ মনে করি, সিলভারের তুল্যাঙ্কভার x

$\therefore$ সিলভার ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার $= x + 35{\cdot}46$

আমরা জানি, এক তুল্যাঙ্কভার সিলভার হইতে এক তুল্যাঙ্কভার সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$\therefore \frac{W_1}{x} = \frac{W_2}{x + 35{\cdot}46} \quad \text{বা,} \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{x}{x + 35{\cdot}46}$$

যেহেতু W_1 এবং W_2 জানা আছে, তাই x-এর মান বাহির করা সম্ভব।

(iii) সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ করিয়া : এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম শুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া কঠিন বলিয়া এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। সঠিকভাবে ওজন করা বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড অথবা পটাসিয়াম ক্লোরাইড একটি বীকারে লইয়া জলে দ্রবীভূত করা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া এই দ্রবণে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট যোগ করিয়া আলোড়িত করা হয়। সিলভার নাইট্রেট সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সমস্ত ক্লোরিন সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$$

ইহার পর একটি ফিল্টার কগজকে ওজন করিয়া ঐ ফিল্টার কাগজের সাহায্যে অধঃক্ষেপটি পরিস্রুত এবং ধৌত করা হয়। পরিস্রাবণের পর বায়ুচুল্লীতে অধঃক্ষেপসহ ফিল্টার কাগজটি শুষ্ক করিয়া ডেসিকেটরে (desicator) ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লওয়া হয়। অধঃক্ষেপসহ ফিল্টার কাগজটির ওজন যতক্ষণ না পর্যন্ত স্থির হয় ততক্ষণ পরীক্ষাটির পুনরাবৃত্তি করা হয়। এই ওজন হইতে ফিল্টার কাগজের ওজন বাদ দিলে উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন পাওয়া যায়।

গণনা : ধরা যাক, সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= W_1$ গ্রাম

উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ W_2 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ $= \frac{35 \cdot 46}{143 \cdot 46} \times W_2$ গ্রাম

[$143 \cdot 46 =$ সিলভার ক্লোরাইডের ওজন আণবিক ওজন]

যেহেতু এই ক্লোরিন ধাতব ক্লোরাইড হইতে আসিয়াছে তাই W_1 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইডে ধাতুর ওজন $= W_1 - \frac{W_2 \times 35 \cdot 46}{143 \cdot 46}$ গ্রাম

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{W_1 - \frac{W_2 \times 35 \cdot 46}{143 \cdot 46}}{\frac{35 \cdot 46 \times W_2}{143 \cdot 46}} \times 35 \cdot 46$$

$$= \frac{143 \cdot 46 \times W_1 - 35 \cdot 46 \times W_2}{W_2}$$

$$= 143 \cdot 46 \times \frac{W_1}{W_2} - 35 \cdot 46$$

বিকল্প গণনা : ধরা যাক, সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার $= x$। অতএব তুল্যাঙ্কের সূত্রানুসারে,

$$\frac{\text{ব্যবহৃত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন}} = \frac{x + 35 \cdot 46}{108 + 35 \cdot 46} = \frac{x + 35 \cdot 46}{143 \cdot 46}$$

$$\text{বা, } \frac{W_1}{W_2} = \frac{x + 35 \cdot 46}{143 \cdot 46}$$

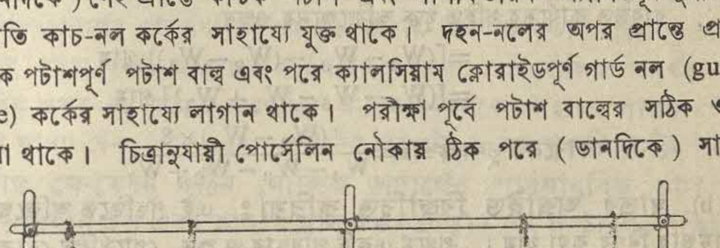
যেহেতু W_1 এবং W_2 জানা আছে, সুতরাং, x-এর মান বাহির করা সম্ভব।

(e) ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রের সাহায্যে : ইহা নবম অধ্যায়ে আলোচনা করা হইবে।

অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : (a) অক্সাইড যৌগ গঠন করিয়া ; (b) ধাতব অক্সাইড বিজারিত করিয়া ; (c) ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিয়া।

(a) উদ্বায়ী অক্সাইড যৌগ উৎপন্ন করে এমন কতকগুলি কঠিন অধাতুর তুল্যাঙ্কভার এই উপায়ে নির্ধারিত হয়। যেমন—কার্বন, সালফার ইত্যাদি।

কার্বনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : একটি পোর্সেলিন নৌকা ধৌত করিয়া এবং শুষ্ক করিয়া ওজন করা হয়। অতঃপর ইহাতে অল্প পরিমাণ কার্বন লইয়া আবার ওজন করা হয়। কার্বনসহ নৌকাটি একটি দহন-নলে লইয়া শুষ্ক অক্সিজেনের আবহাওয়ায় উত্তপ্ত করা হয়। দহন-নলের যে-প্রান্ত দিয়া অক্সিজেন প্রবেশ করে (বামদিকে) সেই প্রান্তে কস্টিক পটাশ এবং সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ দুইটি U আকৃতি কাচ-নল কর্কের সাহায্যে যুক্ত থাকে। দহন-নলের অপর প্রান্তে প্রথমে কস্টিক পটাশপূর্ণ পটাশ বাল্ব এবং পরে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ গার্ড নল (guard tube) কর্কের সাহায্যে লাগান থাকে। পরীক্ষা পূর্বে পটাশ বাল্বের সঠিক ওজন লওয়া থাকে। চিত্রানুযায়ী পোর্সেলিন নৌকায় ঠিক পরে (ডানদিকে) সামান্য



চিত্র 5.5 অক্সাইড গঠন করিয়া অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়

পরিমাণ কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) রাখা হয়। কার্বন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ছাড়া সামান্য কার্বন মনোক্সাইড গঠন করিতে পারে। এই কার্বন মনোক্সাইডকে কিউপ্রিক অক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে। বামদিকের U আকৃতি কাচ-নলের কস্টিক পটাশ বায়ুকে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বায়ুকে জলীয় বাষ্প মুক্ত করে। ডানদিকের পটাশ বাল্ব কার্বনের সহিত অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে। ডানদিকের গার্ড-নল দহন-নলে বাতাসের জলীয় বাষ্প প্রবেশে বাধা দেয়।

কার্বনের সহিত শুষ্ক অক্সিজেন বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কিছু কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন-মনোক্সাইডের মিশ্রণ কিউপ্রিক অক্সাইড অতিক্রম করিবার সময় কার্বন মনোক্সাইড

কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। অতঃপর কার্বন ডাই-অক্সাইড দহন-নল হইতে বাহির হইবার পর পটাশ বাল্ব দ্বারা শোষিত হয়। ব্যবহৃত কার্বন সম্পূর্ণরূপে দগ্ধ হইয়া গেলে উত্তাপ দেওয়া বন্ধ করিয়া দহন-নলটিকে অক্সিজেন প্রবাহ চালু রাখিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। পরীক্ষাশেষে পটাশ বাল্বের আবার ওজন লওয়া হয় (চিত্র 5.5)।

গণনা : ধরা যাক, পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_1$ গ্রাম

কার্বনসহ " " $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত কার্বনের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

ধরা যাক, পরীক্ষার পূর্বে পটাশ বাল্বের ওজন $= W_3$ গ্রাম

এবং পরীক্ষার পরে পটাশ বাল্বের ওজন $= W_4$ গ্রাম

$\therefore$ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম

$\therefore$ ব্যবহৃত কার্বনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন

$= [(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)]$ গ্রাম

$= [(W_4 - W_3 - W_2 + W_1)]$ গ্রাম

$\therefore$ কার্বনের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{(W_2 - W_1) \times 8}{W_4 - W_3 - W_2 + W_1}$

(b) **ধাতব অক্সাইড বিজারিত করিয়া :** এই পদ্ধতিতে অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়। প্রথমে একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সেলিন নৌকাকে ওজন করা হয়। অতঃপর ইহাতে অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া আবার ওজন করা হয়। ইহার পর কিউপ্রিক অক্সাইডসহ নৌকাটিকে একটি দহন-নলের মধ্যে রাখিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেনের প্রবাহে বিজারিত করিয়া ধাতব কপার উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন জল, দহন-নলের এক প্রান্তে আটকান U আকৃতি কাচ-নলে অবস্থিত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। পরীক্ষার পূর্বে এবং পরে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U আকৃতি কাচ-নলের ওজন লওয়া হয়।

গণনা : ধরা যাক, পোর্সেলিন নৌকা এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন

$= W_1$ গ্রাম

পরীক্ষার পর অবশেষসহ পোর্সেলিন নৌকার ওজন $= W_2$ গ্রাম।

পরীক্ষার পূর্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U নলের ওজন $= W_3$

পরীক্ষার পরে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U নলের ওজন $= W_4$

$\therefore$ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

উৎপন্ন জলের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম

$\therefore$ কিউপ্রিক অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন

$= (W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{W_1 - W_2 \times 1{\cdot}008}{(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)}$

(iii) **অধাতুর ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিয়া :** কোন অধাতব মৌলের সামান্য পরিমাণ সঠিক ওজন করিয়া ক্লোরিনের প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে মৌলটি ক্লোরাইড যৌগ পাওয়া যাইবে। উৎপন্ন ক্লোরাইড যৌগের ওজন হইতে পরীক্ষায় ব্যবহৃত অধাতুর ওজন বিয়োগ করিলে সংযুক্ত ক্লোরিনের পরিমাণ পাওয়া যাইবে, এবং ক্লোরিনের ওজন হইতে অধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যাইবে।

পারমাণবিক গুরুত্ব : মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায় দুই রকম পদ্ধতিতে—(A) ভৌত পদ্ধতি দ্বারা, (B) রাসায়নিক পদ্ধতি দ্বারা।

(A) ভৌত পদ্ধতি (Physical Method) :

(i) ডুলং এবং পেটিটের সূত্রের সাহায্যে (Method based on Dulong and Petit's Law of atomic heat) : ডুলং এবং পেটিট নানা পরীক্ষা-নিরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, সাধারণ তাপমাত্রায় যে-কোনও কঠিন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজনকে তাহার আপেক্ষিক তাপ দ্বারা গুণ করিলে গুণফল সর্বদা একই হয় এবং তাহার মান 6·4 (প্রায়)। মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন এবং তাহার আপেক্ষিক তাপের গুণফলকে তাঁহারা **পারমাণবিক তাপ** আখ্যা দেন। ডুলং এবং পেটিটের সূত্র হইল : **কয়েকটি কঠিন মৌল ব্যতীত যে-কোন কঠিন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক তাপ সব সময়ে সমান হয় এবং তাহার মান 6·4 (প্রায়)।** (C, B, Si, Be ব্যতিক্রম)

সুতরাং কোনও কঠিন মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করিতে পারিলে মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করা যাইবে।

$$\text{কারণ পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$$

তবে এই সূত্রের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে কয়েকটি সীমাবদ্ধতা আছে। যেমন যে-মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণীত হইবে তাহাকে কঠিন হইতে হইবে। এমন কি সকল কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রযোজ্য নয়। যে-সকল কঠিন মৌলের পারমাণবিক ওজন কম এবং গলনাঙ্ক বেশি তাহাদের ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রয়োগ করিয়া পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায় না। যেমন—কার্বন, বোরন, সিলিকন, বেরিলিয়ামের ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রযোজ্য নয়। তাছাড়া এই সূত্র প্রয়োগ করিয়া যে-পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায় তাহার মান প্রকৃত পারমাণবিক ওজনের কাছাকাছি হয় (approximate)। তবে এই আনুমানিক পারমাণবিক ওজন এবং তুল্যাঙ্কভার হইতে মৌলের যোজ্যতা সঠিকভাবে জানিয়া সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব হয়।

(ii) মিত্‌শেরলিষের সমাকৃতি সূত্রের দ্বারা : জার্মান বিজ্ঞানী মিত্‌শেরলিষ লক্ষ্য করেন যে, বিভিন্ন মৌলিক এবং যৌগিক পদার্থের কেলাসের (crystal) জ্যামিতিক আকার একই হইতে পারে। একই জ্যামিতিক আকার-বিশিষ্ট একাধিক যৌগের বা মৌলের কেলাসকে তিনি **সমাকৃতি কেলাস**

(isomorphous Crystal) আখ্যা দেন। একাধিক মৌলের বা যৌগের কেলাসের সমাকৃতি হওয়ার ঘটনাকে বলা হয় **সমাকৃতিত্ব** (isomorphism)।

মিত্‌শেরলিষ আরও লক্ষ্য করেন যে, সমাকৃতিসম্পন্ন যৌগিক কেলাসগুলিতে সমরাসায়নিক প্রকৃতিবিশিষ্ট সমসংখ্যক মৌলিক পরমাণু একই ভাবে সজ্জিত থাকে এবং একটি কেলাসের প্রধান উপাদান মৌল সমাকৃতিসম্পন্ন অন্য কোন কেলাসের প্রধান উপাদান মৌল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে কেলাসের জ্যামিতিক আকারের কোন পরিবর্তন হয় না। এই প্রসঙ্গে তিনি যে-সূত্র দেন তাহা হইল: **সমসংখ্যক পরমাণু সমভাবে যুক্ত হইয়া সমাকৃতি কেলাস গঠন করে।** এই সমাকৃতিত্ব, অণুতে পরমাণুগুলির সংখ্যা এবং অবস্থানের উপর নির্ভর করে, পরমাণুগুলির রাসায়নিক ধর্মের উপর নহে। মিত্‌শেরলিষের সমাকৃতি সূত্র অন্যভাবেও বলা যাইতে পারে। যেমন, **যে-সকল পদার্থ সমাকৃতিসম্পন্ন তাহাদের আণবিক সঙ্কেত এক রকম।** যেমন, $ZnSO_4$, $7H_2O$ এবং $FeSO_4$, $7H_2O$।

নিম্নে কতকগুলি সমাকৃতি যৌগের আণবিক সঙ্কেত দেওয়া হইল। প্রধান উপাদান মৌলগুলি মোটা অক্ষরে লিখিত হইল:

(a) $\mathbf{Zn}SO_4, 7H_2O$; $\mathbf{Mg}SO_4, 7H_2O$ এবং $\mathbf{Fe}SO_4, 7H_2O$

(b) $\mathbf{Cu}_2S$ এবং $\mathbf{Ag}_2S$

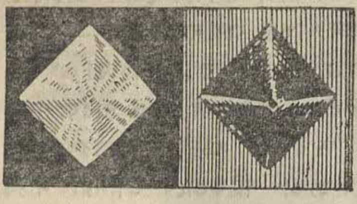
(c) $K_2SO_4, \mathbf{Al}_2(SO_4)_3, 24H_2O$ এবং $K_2SO_4, \mathbf{Cr}_2(SO_4)_3, 24H_2O$

(d) K_2SO_4, $K_2\mathbf{Se}O_4$ এবং $K_2\mathbf{Cr}O_4$

(e) $KClO_4$ এবং $K\mathbf{Mn}O_4$

উপরে বর্ণিত সমাকৃতি যৌগগুলির ক্ষেত্রে সমাকৃতি সূত্র প্রয়োগ করিলে আমরা দেখিতে পাই,

(a) সমাকৃতি যৌগের একটি পরমাণু অপর একটি সমাকৃতি যৌগের পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে কেলাসের আকারের কোনও পরিবর্তন হয় না। যেমন, $KClO_4$-এর 'Cl' 'Mn' দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে $KMnO_4$ কেলাস পাওয়া যায় এবং কেলাসের জ্যামিতিক আকার একই থাকে। কারণ $KClO_4$ এবং $KMnO_4$ সমাকৃতি যৌগ। অনুরূপভাবে অন্যান্য সমাকৃতি কেলাসের ক্ষেত্রে ইহা প্রযোজ্য। যেমন, K_2SO_4-এর 'S', 'Se' অথবা 'Cr' দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যথাক্রমে K_2SeO_4 অথবা K_2CrO_4 যৌগ পাওয়া যায় যাহা K_2SO_4-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন।



চিত্র 5.6 দুইটি সমাকৃতি কেলাস

(b) প্রতিস্থাপিত মৌলের এবং প্রতিস্থাপক মৌলের যোজ্যতা সমান হইবে। যেমন, $KClO_4$-এ Cl-এর যোজ্যতা 7 এবং $KMnO_4$-এ Mn-এর যোজ্যতা 7।

এখন দেখা যাক, এই সূত্রের সাহায্যে কিভাবে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। ধরা যাক, দুইটি সমাকৃতি যৌগের মধ্যে একটিতে প্রধান উপাদান মৌল A এবং অপরটিতে প্রধান উপাদান মৌল B বর্তমান। আবার ধরা যাক, A মৌলের W_1 গ্রাম B মৌলের W_2 গ্রামকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে এবং A ও B মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে a এবং b। সুতরাং প্রথম যৌগের 1 গ্রাম-অণুতে $\frac{W_1}{a}$ গ্রাম-পরমাণু A বর্তমান এবং দ্বিতীয় যৌগের 1 গ্রাম-অণুতে $\frac{W_2}{b}$ গ্রাম-পরমাণু B বর্তমান। অর্থাৎ প্রথম যৌগের একটি অণুতে A মৌলের পরমাণু সংখ্যা $\frac{W_1}{a}$ এবং দ্বিতীয় যৌগের একটি অণুতে B মৌলের পরমাণুর সংখ্যা $\frac{W_2}{b}$। সমাকৃতি সূত্রানুসারে, A মৌলের একটি পরমাণু B মৌলের একটি পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

$$\text{অতএব, } \frac{W_1}{a}=\frac{W_2}{b} \quad \text{বা, } \frac{W_1}{W_2}=\frac{a}{b}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{\text{A-এর ওজন}}{\text{B-এর ওজন}}=\frac{\text{A-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{B-এর পারমাণবিক ওজন}}$$

W_1, W_2 প্রকৃত পরীক্ষাদ্বারা জানিয়া এবং যে-কোন একটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব জানিতে পারিলে অপর মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে। এই প্রসঙ্গে সমাকৃতি কেলাসের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য আলোচনা করা যাক। সমাকৃতি কেলাসের নিম্নলিখিত বিশেষ ধর্মগুলি দেখা যায়।

(a) পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, সমাকৃতি কেলাসগুলির জ্যামিতিক আকার একই হইবে।

(b) তাছাড়া সমাকৃতি কেলাসগুলি মিশ্র কেলাস (mixed crystal) গঠন করে। দুইটি সমাকৃতি যৌগের কেলাস জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে যে কেলাস পাওয়া যায় তাহাতে দুইটি যৌগই বর্তমান থাকে। ইহাকে মিশ্র কেলাস (mixed crystal) বলে। কেলাসে উপস্থিত যৌগ দুইটির পরিমাণ দ্রবণে উপস্থিত যৌগ দুইটির ওজনের অনুপাতের সমান হয়। অর্থাৎ দ্রবণে যৌগ দুইটি যদি শতকরা 50 ভাগ করিয়া বর্তমান থাকে, মিশ্র কেলাসেও যৌগ দুইটি শতকরা 50 ভাগ হিসাবে বর্তমান থাকিবে। আবার দ্রবণে যৌগ দুইটির ওজনের অনুপাত $x : y$ হইলে কেলাসেও যৌগ দুইটির ওজনের অনুপাত $x : y$ হইবে।

(c) অধিবৃদ্ধি (overgrowth) গঠন : দুইটি সমাকৃতি যৌগের একটির সম্পৃক্ত অথবা অতিসম্পৃক্ত দ্রবণে অপরটির একটি ক্ষুদ্র কেলাস ঝুলাইয়া রাখিলে ক্ষুদ্র কেলাসটির গায়ে প্রথম যৌগটির আস্তরণ পড়িয়া উহার আয়তন ক্রমশ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। এই ঘটনাকে অধিবৃদ্ধি (overgrowth) বলা হয়।

কতকগুলি সমাকৃতি কেলাসের ক্ষেত্রে পূর্বে উল্লিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি লক্ষিত হয় না। যেমন, Ag_2S এবং PbS পরস্পর সমাকৃতিসম্পন্ন কেলাস, যদিও উহাদের অণুতে পরমাণু-সংখ্যা ভিন্ন। তবে Ag_2S এবং PbS মিশ্র কেলাস গঠন করিতে পারে।

$CaCO_3$ এবং $NaNO_3$ সমাকৃতি যৌগ। উভয় যৌগে পরমাণুর সংখ্যা সমান হইলেও Ca এবং Na-এর যোজ্যতা যথাক্রমে 2 এবং 1, তবে $CaCO_3$-এর উপর $NaNO_3$-এর অধিবৃদ্ধি ঘটে।

$KClO_4$ এবং $BaSO_4$, K_2SO_4 এবং K_2BeF_4, $BaSO_4$ এবং $BaBeF_4$ প্রভৃতি যৌগযুগল সমাকৃতিসম্পন্ন। যদিও তাহাদের আণবিক সঙ্কেত হইতে ইহা প্রতিভাত হয় যে, তাহারা সমাকৃতিসম্পন্ন হইবে না। এই ঘটনাগুলিকে মিত্শেরলিষ সূত্রের ব্যতিক্রম বলিয়া ধরা হয়। চিত্র 5.6-এ দুইটি সমাকৃতি কেলাস দেখান হইয়াছে।

(iii) উদ্বায়ী পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া

আমরা জানি, আণবিক ওজন $=2\times$ বাষ্পীয় ঘনত্ব। সুতরাং, উদ্বায়ী দ্বিমৌলিক যৌগের বাষ্পীয় ঘনত্ব পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করিলে যৌগটির আণবিক ওজন পাওয়া যাইবে। যৌগটি যে দুইটি মৌল দ্বারা গঠিত তাহাদের একটির পারমাণবিক ওজন জানা থাকিলে অপরটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যাইবে।

ধরা যাক, একটি উদ্বায়ী যৌগ MCl_x-এর বাষ্পঘনত্ব D। x হইল M মৌলের যোজ্যতা।

$\therefore$ $2D = MCl_x$-এর আণবিক ওজন।

আবার, ধরা যাক, M মৌলের পারমাণবিক ওজন A

$$\therefore \quad 2D = A + 35{\cdot}5\,x$$

$$\text{বা,} \quad A = 2D - 35{\cdot}5\,x$$

x-এর মান জানা থাকিলে D-এর মান পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করিয়া M মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যাইবে। মৌলের তুল্যাঙ্কভার হইতে x-এর মান নিম্নলিখিত উপায়ে জানা যাইবে।

ধরা যাক, E মৌলটির তুল্যাঙ্কভার।

$$\therefore \quad x.E = A = 2D - 35{\cdot}5\,x$$

$$\therefore \quad x(E + 35{\cdot}5) = 2D$$

$$\therefore \quad x = \frac{2D}{E + 35{\cdot}5}$$

যেহেতু D এবং E জানা আছে তাই x-এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

বাষ্পাবস্থায় যে-সকল দ্বিমৌলিক যৌগের একটি অণুতে মৌলটির একটি পরমাণু বিদ্যমান সেই সকল ক্ষেত্রে মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব। যদি যৌগটির একটি অণুতে মৌলটির একাধিক পরমাণু বিদ্যমান থাকে তাহা হইলে নির্ধারিত পারমাণবিক ওজন $=$ মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $\times n$, যখন n একটি পূর্ণসংখ্যা। (2, 3, 4 ইত্যাদি)।

(B) রাসায়নিক পদ্ধতি :

(i) ক্যানিজারো পদ্ধতি : এই পদ্ধতির সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় তৃতীয় অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।

(ii) মৌলের যোজ্যতা এবং তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিয়া : এই পদ্ধতিতে কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার সঠিকভাবে নির্ণয় করিয়া উহার যোজ্যতা নির্ধারণ করা হয়। অতঃপর নিম্নলিখিত সমীকরণ হইতে মৌলটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়।

পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা

কোনও মৌলের সঠিক তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি এই অধ্যায়ের প্রথম দিকে আলোচনা করা হইয়াছে। মৌলটির যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইলে মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইবে। ইহা করিতে হইলে পূর্বে বর্ণিত ডুলং পেটিটের সূত্র অথবা 'বাষ্পীয় ঘনত্ব' পদ্ধতি প্রয়োগ করিতে হয়।

(iil) স্টাস এবং রিচার্ড পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের ওজনগত অনুপাত নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিয়া নির্দিষ্ট কোনও মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। তবে জানিয়া রাখিতে হইবে অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 16 এবং 1·008। নিম্নলিখিত উদাহরণের সাহায্যে এই পদ্ধতি আরও পরিষ্কার হইবে। ধরা যাক, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন এবং সিলভারের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে।

(a) নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ সিলভার সম্পূর্ণভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট লবণ গঠন করা হয়। অতঃপর এই দ্রবণে অতিরিক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড যোগ করা হয়। ($AgNO_3 + NaCl = AgCl\downarrow + NaNO_3$) ইহার ফলে সিলভার ক্লোরাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইডকে পরিস্রুত, ধৌত এবং শুষ্ক করিয়া ওজন লওয়া হয়। ওজন যতক্ষণ পর্যন্ত না স্থির হয় ততক্ষণ এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করিতে হয়। ধরা যাক, এই ক্ষেত্রে AgCl-এর ওজন : Ag-এর ওজন $= x$।

(b) নির্দিষ্ট ওজনের সিলভারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে বিশুদ্ধ বাতাসের সাহায্যে বাষ্পীভূত ও শুষ্ক করা হয়। অতঃপর উৎপন্ন সিলভার নাইট্রেটের সঠিক ওজন লওয়া হয়। ধরা যাক, এই ক্ষেত্রে $AgNO_3$-এর ওজন : Ag-এর ওজন $= y$।

(c) নির্দিষ্ট ওজনের অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট যোগ করা হয়। ইহার ফলে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপকে পরিস্রুত ধৌত এবং শুষ্ক করিয়া ওজন লওয়া হয়। এইক্ষেত্রেও উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন যতক্ষণ না স্থির হয় ততক্ষণ পদ্ধতিটির পুনরাবৃত্তি করিতে হয়। ধরা যাক' NH_4Cl-এর ওজন : AgCl-এর ওজন $= z$।

সিলভার, ক্লোরিন এবং নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে a, b এবং c হইলে

$$x=\frac{a+b}{a} \quad \cdots \quad (i)$$

$$y=\frac{a+c+3\times 16}{a} \quad \cdots \quad (ii)$$

$$z=\frac{c+4\times 1{\cdot}008+b}{a+b} \quad \cdots \quad (iii)$$

যেহেতু x, y এবং z জানা আছে, উপরিলিখিত তিনটি সমীকরণ হইতে তিনটি অজ্ঞাত রাশি a, b এবং c নির্ণয় করা যাইবে। এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া রিচার্ড সিলভারের ক্লোরিনের এবং নাইট্রোজেনের যে-পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করেন তাহা নিম্নে দেওয়া হইল :

Ag—107·88
Cl— 35·46
N— 14·008

অন্যান্য পদ্ধতিতে নির্ধারিত পারমাণবিক ওজনের মানের সঙ্গে এই মানগুলি পুরোপুরি মিলিয়া যায়।

আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of Molecular weight) :

মৌলের অণুর পরমাণুকতা (atomicity) জানা থাকিলে উহার পারমাণবিক ওজন হইতে আণবিক ওজন গণনা করা সহজসাধ্য। যেমন, হাইড্রোজেনের একটি অণু দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008। অতএব হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন 2·016 ($1{\cdot}008\times 2$)। অক্সিজেনের একটি অণু দুইটি পরমাণুর দ্বারা গঠিত। অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16। সুতরাং অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32। হিলিয়ামের একটি অণু একটি পরমাণু-দ্বারা গঠিত। সুতরাং হিলিয়ামের পারমাণবিক ওজনই উহার আণবিক ওজন।

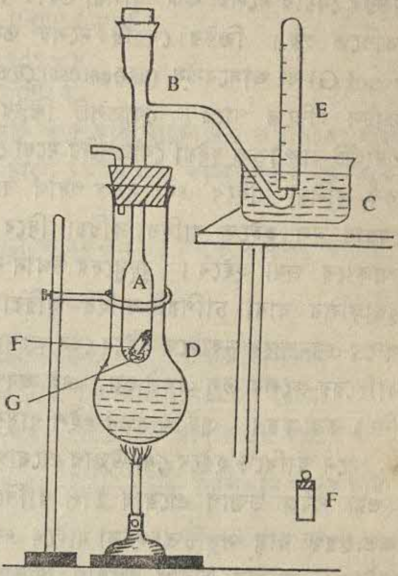
মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে।

যৌগের আণবিক ওজন নির্ণয় : যৌগের প্রকৃতি অনুসারে যৌগের আণবিক ওজন নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি আছে। যে-সকল যৌগ উদ্বায়ী (volatile) তাহাদের আণবিক গুরুত্ব সাধারণত উহাদের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া নির্ধারণ করা হয়। কারণ আমরা জানি আণবিক গুরুত্ব $M=2D$ যখন $D=$ যৌগের বাষ্পীয় ঘনত্ব। যে-সকল পদ্ধতিতে বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করা হয় সেগুলি হইল :

(i) ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতি (Victor Meeyer method); (ii) হফমান পদ্ধতি (Hofmann method); (iii) ডুমার পদ্ধতি (Duma's method)।

এখানে কেবলমাত্র ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতি আলোচনা করা হইবে।

ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিঃ ভিক্টর মেয়ারের যন্ত্রটি দুইভাগে বিভক্ত, (i) ভিক্টর মেয়ার নল, (ii) কপার বা কাচ-নির্মিত বহিঃনল বা জ্যাকেট। ভিক্টর মেয়ার নলটি (A) একটি লম্বা এক মুখ খোলা কাচ-নল (চিত্র 5.7)। ইহার বন্ধ নিম্নাংশ অপেক্ষাকৃত চওড়া এবং ছোট। উপরের অংশ সরু লম্বা এবং উন্মুক্ত। উন্মুক্ত মুখটি রবার কর্ক দ্বারা বন্ধ থাকে। ইহার সামান্য নীচে একটি সরু পার্শ্বনল (B) আছে। পার্শ্বনলটির উন্মুক্ত মুখ একটি জলপাত্রে (C) ডুবান থাকে। কাচ বা কপার নির্মিত বহিঃনলটি (D) আকারে অপেক্ষাকৃত বড়, এক মুখ খোলা। ইহার নিম্নাংশ বন্ধ এবং অপেক্ষাকৃত চওড়া। উপরের অংশ লম্বা। সাধারণভাবে বহিঃনলটির আকার এমন হয় যেন ভিক্টর মেয়ার নলটি উহার মধ্যে প্রবেশ করান যাইতে পারে।



চিত্র 5.7 ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে আণবিক ওজন নির্ণয়

প্রথমে ভিক্টর মেয়ার নলটিকে ভালভাবে ধৌত এবং শুষ্ক করিয়া দৃঢ়ভাবে আটকান জ্যাকেটের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। জ্যাকেটের খোলামুখে একটি রবারের কর্ক শক্ত করিয়া আটকান থাকে। কর্কটিতে দুইটি ছিদ্র। একটিতে জ্যাকেটের ভিতরকার তরল হইতে উদ্ভূত বাষ্প বাহির হইয়া যাইবার জন্য দুইমুখ খোলা নল এবং অন্যটিতে ভিক্টর মেয়ারের কাচ-নলটি অনুপ্রবিষ্ট থাকে। জ্যাকেটের নীচে এমন একটি তরল লওয়া হয় যাহার স্ফুটনাঙ্ক, যে-পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয় করা হইবে, তাহার স্ফুটনাঙ্ক হইতে কমপক্ষে 25°C বেশি। জ্যাকেটের ভিতরের তরলকে ফুটন্ত অবস্থায় রাখিতে হয়। ইহার ফলে ভিক্টর মেয়ার নলের ভিতরের বায়ু উত্তপ্ত এবং প্রসারিত হইয়া জলে নিমজ্জিত কাচের পার্শ্বনল দিয়া বুদ্বুদ্ আকারে বাহির হইয়া যায়। বায়ুর বহির্গমন বন্ধ হইলে উত্তাপ প্রয়োগ চালু রাখিয়া একটি অংশাঙ্কিত এক মুখ খোলা নল (E) জলপূর্ণ করিয়া পার্শ্বনলের খোলা মুখের উপর উপুড় করিয়া আটকাইয়া দেওয়া হয়। যে-পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয় করা হইবে সেই পদার্থটিকে একটি ছোট বোতলে (হফ্‌মান বোতল, F) লইয়া কাচ-নির্মিত ছিপি দ্বারা ভালভাবে বন্ধ করিয়া ওজন করা হয় এবং উহা হইতে খালি বোতলটির পূর্ব নির্ণীত সঠিক ওজন বাদ দিলে

পরীক্ষায় ব্যবহৃত উদ্বায়ী পদার্থটির ওজন জানা যায়। অতঃপর এই বোতলটি ভিক্টর মেয়ার নলের কর্ক খুলিয়া উহার মধ্যে ফেলিয়া দিয়া তাড়াতাড়ি কর্কটি বন্ধ করিতে হয়। ভিক্টর মেয়ার নলের তলায় সামান্য পরিমাণ গ্লাস উল (glass wool G) বা আসবেস্টস (asbestess) দেওয়া থাকে। অন্যথায় নলটিতে ধাক্কাজনিত ফাটল ধরিতে পারে। বোতলটি ভিক্টর মেয়ার নলে প্রবেশের সঙ্গে সঙ্গে উদ্বায়ী পদার্থটি বাষ্পীভূত হইয়া বোতলটির মধ্যে যে-চাপ সৃষ্টি করিবে তাহাতে বোতলটির কর্ক খুলিয়া যাইবে এবং সমস্ত পদার্থ বাষ্পীভূত হইয়া সম-আয়তন বাতাস ভিক্টর মেয়ার নল হইতে বাহির করিয়া দিবে। এই বাতাস অংশাঙ্কিত নলে বুদ্‌বুদ আকারে জমা হইবে। বুদ্‌বুদের উত্থান বন্ধ হইলে অংশাঙ্কিত নলের খোলা মুখটি বৃদ্ধাঙ্গুলির দ্বারা চাপিয়া বাহির করিয়া আনিয়া একটি লম্বা বড় জলপূর্ণ কাচের পাত্রে এমনভাবে ডুবাইতে হইবে যেন অংশাঙ্কিত নলের অভ্যন্তরস্থিত জলের তল এবং বাহিরের জলের তল একই হয়। এই অবস্থায় অংশাঙ্কিত নলে সঞ্চিত বায়ুর আয়তন নির্ণয় করা হয়। এই আয়তন হইল বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সঞ্চিত বাতাসের আয়তন।

মনে রাখিতে হইবে যে, উত্তাপ প্রয়োগ একবার শুরু করিলে পরীক্ষাটি সমাপ্ত না হওয়া পর্যন্ত উত্তাপ প্রয়োগ চালু রাখিতে হইবে। অন্যথায় ভিক্টর মেয়ার নলের অভ্যন্তরস্থ বায়ু সঙ্কুচিত হইয়া যাইবে এবং পার্শ্বনল দিয়া জল নলের ভিতর ঢুকিয়া যাইবে। আবার উত্তাপ প্রয়োগ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করিতে হইবে যেন জ্যাকেট অভ্যন্তরস্থ তরল সম্পূর্ণ বাষ্পীভূত হইয়া না যায়।

গণনা : ধরা যাক, পরীক্ষাগারে উষ্ণতা $= t°C$

পরীক্ষাকালীন বায়ুমণ্ডলীর চাপ $= P$ cm

$t°C$ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ cm

" " অপসারিত বাতাসের আয়তন $= V$ c.c.

ব্যবহৃত উদ্বায়ী পদার্থের ওজন $= W$ gm

N. T. P.-তে অপসারিত বাতাসের আয়তন $V_1 = \frac{(P-f)\times V}{273+t}\times\frac{273}{76}$ c.c.

উদ্বায়ী পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \frac{W}{V_1 \times 0{\cdot}00009}$

[$\because$ N. T. P-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব $= 0{\cdot}00009$ gm./c.c.]

$\therefore$ উদ্বায়ী পদার্থটির আণবিক ওজন $= \frac{2\times W}{V_1\times 0{\cdot}00009}$

$$= \frac{2\times W\times 76(273+t)}{0{\cdot}00009\times V(P-f)\times 273}$$

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. 0·345 গ্রাম টিন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 0·4364 গ্রাম অক্সাইড গঠন করে। টিনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান : অক্সাইডের ওজন = 0·4364 গ্রাম

টিনের ওজন = 0·3450 গ্রাম

∴ যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = 0·0914 গ্রাম

$$\therefore \text{ টিনের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{0{\cdot}345 \times 8}{0{\cdot}0914} = 30{\cdot}2$$

উদাহরণ 2. 162 মিলিগ্রাম একটি ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 27°C এবং 750 মিমি. চাপে 33·39 c.c. হাইড্রোজেন মুক্ত করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরা যাক, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের N. T. P-তে আয়তন V c.c.

$$\therefore \frac{V \times 760}{273} = \frac{33{\cdot}39 \times 750}{300} \text{ বা, } V = 30 \text{ c.c.}$$

1 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম = 0·09 মিলিগ্রাম

∴ 30 c.c. " " = 30 × ·09 মিলিগ্রাম = 2·7 মিগ্রা.

∴ 2·7 মিলিগ্রাম হাইড্রোজেন মুক্ত হয় 162 মিলিগ্রাম ধাতুর দ্বারা।

∴ 1·008 মিলিগ্রাম হাইড্রোজেন মুক্ত হয় $\frac{162 \times 1{\cdot}008}{2{\cdot}7}$ মিলিগ্রাম ধাতুর দ্বারা

বা 60·48 গ্রাম ধাতুর দ্বারা

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার = 60·48

উদাহরণ 3. একটি ধাতব ক্লোরাইডের 0·2 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করা হইল। ইহার ফলে অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইডের পরিমাণ 0·4905 গ্রাম। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 23 হইলে ধাতুটির ক্লোরাইডের সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান : AgCl-এর আণবিক ওজন = 143·5

143·5 গ্রাম AgCl-এর Cl-এর পরিমাণ 35·5 গ্রাম

∴ 0·4905 " " " " $\frac{35{\cdot}5 \times 0{\cdot}4905}{143{\cdot}5}$ গ্রাম

বা, 0·1213 গ্রাম

এই পরিমাণ Cl 0·2 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড হইতে আসিয়াছে।

∴ এই পরিমাণ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন,

= (0·2 − 0·1213) গ্রাম = 0·0787 গ্রাম

$$\therefore \text{ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার} = \frac{0{\cdot}0787 \times 35{\cdot}5}{0{\cdot}1213} = 23{\cdot}00$$

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = 23

∴ ধাতুটির যোজ্যতা = $\frac{23}{23} = 1$

∴ উহার ক্লোরাইডের সঙ্কেত MCl [M = ধাতুর সঙ্কেত]

উদাহরণ 4. 1·2 গ্রাম Mg অতিরিক্ত HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া N. T. P.-তে 1120 c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। Mg-এর তুল্যাঙ্কভার কত?

সমাধান ঃ N. T. P.-তে 1120 c.c. $H_2 = 1120 \times \cdot 00009$ গ্রাম

বা, 0·1008 গ্রাম H_2;

0·1008 গ্রাম হাইড্রোজেন মুক্ত হয় 1·2 গ্রাম Mg দ্বারা

$\therefore$ 1·008 " " " " $\frac{1 \cdot 2 \times 1 \cdot 008}{0 \cdot 1008}$ " "

বা, 12 গ্রাম Mg দ্বারা

$\therefore$ Mg-এর তুল্যাঙ্কভার $= 12$

উদাহরণ 5. একটি ধাতুর 2·943 গ্রাম অতিরিক্ত অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে-হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে তাহা জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হইল। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন 15°C উষ্ণতায় এবং 752·5 মিমি. চাপে 1083·6 c.c.। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (15°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ 12·5 মিমি.। N. T. P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0·00009 গ্রাম প্রতি c.c.-তে)।

সমাধান ঃ ধাতুর ওজন $= 2 \cdot 943$ গ্রাম

ধরা যাক, N. T. P.-তে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন V c.c.

$$\therefore \quad \frac{V \times 760}{273} = \frac{(752 \cdot 5 - 12 \cdot 5) \times 1083 \cdot 6}{15 + 273}$$

$$\therefore \quad V = 1000 \cdot 1 \text{ c.c.}$$

$\therefore$ N. T. P.-তে 1000·1 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন,

$1000 \cdot 1 \times \cdot 00009$ গ্রাম $= 0 \cdot 090009$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $= \frac{2 \cdot 943 \times 1 \cdot 008}{0 \cdot 090009} = 32 \cdot 96$

উদাহরণ 6. 1·62 গ্রাম Zn, HNO_3-এ দ্রবীভূত করা হইল। ইহার ফলে উৎপন্ন $Zn(NO_3)_2$-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করার পর 2·02 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া গেল। Zn-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ব্যবহৃত Zn-এর ওজন $= 1 \cdot 62$ গ্রাম

উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন $= 2 \cdot 02$ গ্রাম

$\therefore$ 1·62 গ্রাম Zn-এর সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন

$= (2 \cdot 02 - 1 \cdot 62)$ গ্রাম $= 0 \cdot 4$ গ্রাম

$\therefore$ Zn-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{1 \cdot 62 \times 8}{0 \cdot 4} = 32 \cdot 4$

উদাহরণ 7. একটি ধাতুর 0·1 গ্রাম যত আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে তাহার N. T. P.-তে আয়তন 46·6 c.c.। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ N. T. P.-তে 22400 c.c. অক্সিজেন=32 গ্রাম অক্সিজেন

∴ N. T. P.-তে 46·6 c.c. অক্সিজেন$=\frac{32\times 46\cdot 6}{22400}$ গ্রাম

বা, 0·0666 গ্রাম অক্সিজেন

∴ 0·0666 অক্সিজেন যুক্ত হয় 0·1 গ্রাম ধাতুর সহিত

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার$=\frac{0\cdot 1\times 8}{0\cdot 0666}=12\cdot 01$

উদাহরণ 8. একটি ধাতব অক্সাইডের 0·3980 গ্রাম শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিবার পর দেখা গেল উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের ওজন 0·09 গ্রাম। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ 0·09 গ্রাম জলে অক্সিজেনের পরিমাণ

$=\frac{16\times 0\cdot 09}{18}=0\cdot 08$ গ্রাম

(∵ 18 ভাগ জলে অক্সিজেনের পরিমাণ=16 ভাগ)

উৎপন্ন ধাতুর পরিমাণ=(0·3980 − 0·0800) গ্রাম=0·3180 গ্রাম

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার$=\frac{0\cdot 3180\times 8}{0\cdot 08}=31\cdot 8$

উদাহরণ 9. 0·432 গ্রাম ধাতব সিলভার লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবীভূত করিবার পর উহাতে NaCl দ্রবণ যোগ করা হইল। ইহাতে সমগ্র সিলভার সিলভার ক্লোরাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হইল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইড সংগ্রহ করিয়া শুষ্ক করা হইল এবং উহার ওজন দেখা গেল 0·574 গ্রাম। সিলভারের তুল্যাঙ্ক-ভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ব্যবহৃত সিলভারের ওজন=0·432 গ্রাম

উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন=0·574 গ্রাম

∴ যুক্ত ক্লোরিনের ওজন=(0·574 − 0·432) গ্রাম=0·142 গ্রাম

∴ সিলভারের তুল্যাঙ্কভার$=\frac{0\cdot 432\times 35\cdot 5}{0\cdot 142}=108$

উদাহরণ 10. একটি ধাতব ক্লোরাইডে 79·22% ক্লোরিন বর্তমান। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ 79·22 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 20·78 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ 35·5 " " " $\frac{20\cdot 78\times 35\cdot 5}{79\cdot 22}$ গ্রাম

বা, 9·31 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার=9·31

উদাহরণ 11. একটি ধাতব ক্লোরাইডের 0·6385 গ্রাম তীব্রভাবে উত্তপ্ত করার পর 0·414 গ্রাম ধাতু পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান : ধাতব ক্লোরাইডের ওজন $=0{\cdot}6385$ গ্রাম

ধাতুর ওজন $=0{\cdot}4140$ গ্রাম

$\therefore$ যুক্ত ক্লোরিনের ওজন $=0{\cdot}2245$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{0{\cdot}4140\times 35{\cdot}5}{0{\cdot}2245}=65{\cdot}46$

উদাহরণ 12. 0·125 গ্রাম বিশুদ্ধ আয়রন একটি গাঢ় কপার সালফেট দ্রবণে যোগ করা হইল। ইহার ফলে দ্রবণে ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত হইল। ইহাকে ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হইল। দেখা গেল উৎপন্ন কপারের ওজন 0·14 গ্রাম। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। আয়রনের তুল্যাঙ্কভার $=28$।

সমাধান : আমরা জানি, $\dfrac{\text{আয়রনের ওজন}}{\text{আয়রন-কর্তৃক প্রতিস্থাপিত কপারের ওজন}}$

$=\dfrac{\text{আয়রনের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{কপারের তুল্যাঙ্কভার}}$

ধরা যাক, কপারের তুল্যাঙ্কভার $=E$

$\therefore \dfrac{0{\cdot}125}{0{\cdot}14}=\dfrac{28}{E}$ বা, $E=\dfrac{28\times 0{\cdot}14}{0{\cdot}125}=31{\cdot}36$

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্কভার $=31{\cdot}36$

উদাহরণ 13. 1·986 গ্রাম কপারকে HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া যে-কপার নাইট্রেট উৎপন্ন হয় তাহাকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে 2·486 গ্রাম বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড পাওয়া যায়। কপার সালফেট দ্রবণে ধাতব জিঙ্ক যোগ করিলে দেখা যায় যে, 0·346 গ্রাম জিঙ্ক 0·335 গ্রাম কপারকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে পারে। জিঙ্ক এবং কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান : ব্যবহৃত কপারের পরিমাণ $=1{\cdot}986$ গ্রাম

উৎপন্ন কপার অক্সাইডের পরিমাণ $=2{\cdot}486$ গ্রাম

$\therefore$ যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $=(2{\cdot}486-1{\cdot}986)$ গ্রাম $=0{\cdot}500$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{1{\cdot}986\times 8}{0{\cdot}500}=31{\cdot}77$

আবার, $\dfrac{\text{অধঃক্ষিপ্ত কপারের ওজন}}{\text{যুক্ত জিঙ্কের ওজন}}=\dfrac{\text{কপারের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার}}$

ধরা যাক, জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার $=E$

$\therefore \dfrac{0{\cdot}335}{0{\cdot}346}=\dfrac{31{\cdot}77}{E}$ বা, $E=\dfrac{31{\cdot}77\times 0{\cdot}346}{0{\cdot}335}=32{\cdot}82$

$\therefore$ জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার $=32{\cdot}82$

উদাহরণ 14. M একটি ধাতু। ইহার ক্লোরাইডে 54·5% ধাতু বর্তমান। M ধাতুর 3 গ্রাম N ধাতুর একটি লবণ হইতে 4·8 গ্রাম ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। N-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান : M ধাতুর ক্লোরাইডের 100 গ্রামে ধাতুর পরিমাণ = 54·5 গ্রাম

∴ যুক্ত ক্লোরিনের পরিমাণ = (100 − 54·5) গ্রাম = 45·5 গ্রাম

$$\therefore \text{ M ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{54\cdot5 \times 35\cdot5}{45\cdot5} = 42\cdot522$$

ধরা যাক, N-এর তুল্যাঙ্কভার = E

$$\therefore \frac{3}{4\cdot8} = \frac{42\cdot522}{E} \quad \text{বা, } E = \frac{42\cdot522 \times 4\cdot8}{3} = 68\cdot03$$

∴ N ধাতুর তুল্যাঙ্কভার = 68·03

উদাহরণ 15. 1 গ্রাম $BaCl_2$ পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া ইহাতে অতিরিক্ত H_2SO_4 যোগ করায় ফলে $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হইল। উৎপন্ন $BaSO_4$-কে ধৌত ও শুষ্ক করিয়া দেখা গেল যে, উহার ওজন 1·12 গ্রাম। Ba-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরা যাক, Ba-এর তুল্যাঙ্কভার x

$$\because \frac{BaCl_2\text{-এর ওজন}}{\text{উৎপন্ন } BaSO_4\text{-এর ওজন}} = \frac{BaCl_2\text{-এর তুল্যাঙ্কভার}}{BaSO_4\text{-এর তুল্যাঙ্কভার}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{1\cdot12} = \frac{x + 35\cdot5}{x + 48} \quad [SO_4''\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \tfrac{32+64}{2} = 48]$$

$$\text{বা, } x + 48 = 1\cdot12x + 35\cdot5 \times 1\cdot12 \qquad \therefore x = 68\cdot66$$

∴ Ba-এর তুল্যাঙ্কভার = 68·66

উদাহরণ 16. একটি ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্কেত MCl_3। ইহাতে 65·55% ক্লোরিন বর্তমান। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : ক্লোরিনের পরিমাণ = 65·55%

∴ ধাতুর পরিমাণ = (100 − 65·55)% = 34·45%

$$\therefore \text{ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার} = \frac{34\cdot45 \times 35\cdot5}{65\cdot55} = 18\cdot66$$

ধাতুটির ক্লোরাইডের সঙ্কেত MCl_3

∴ ধাতুটির যোজ্যতা = 3

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা

= 18·66 × 3 = 55·98

উদাহরণ 17. একটি ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·03। 10 গ্রাম ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটি বাষ্পীভূত করিলে 18·9 গ্রাম বিশুদ্ধ নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

$$\textbf{সমাধান :} \text{ ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6\cdot4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$$

$$= \frac{6\cdot4}{0\cdot03} = 213\cdot33$$

ধরা যাক, ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার=E

$\therefore$ $\dfrac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন নাইট্রেট লবণের ওজন}}=\dfrac{\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}}{\text{ধাতব নাইট্রেটের তুল্যাঙ্কভার}}$

বা, $\dfrac{10}{18\cdot9}=\dfrac{E}{E+62}$ (NO_3' মূলকের তুল্যাঙ্কভার$=\frac{14+48}{1}=62$)

বা, $E=69\cdot66$

ধাতুটির যোজ্যতা= $\dfrac{\text{ধাতুর আনুমানিক পাঃ ওজন}}{\text{ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার}}$

$=\dfrac{213\cdot33}{69\cdot66}=3\cdot06$

যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না। সুতরাং ধাতুটির যোজ্যতা=3

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন$=69\cdot66\times3=208\cdot98$

উদাহরণ 18. একটি ধাতব ক্লোরাইডে 26·2% ক্লোরিন বর্তমান। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·033। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধাতুটির ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ=26·2%

$\therefore$ " " ধাতুর পরিমাণ=(100−26·2)%=73·8%

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার$=\dfrac{73\cdot8\times35\cdot5}{26\cdot2}=100$

ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন$=\dfrac{6\cdot4}{0\cdot033}=194$

$\therefore$ উহার যোজ্যতা$=\frac{194}{100}=1\cdot94$

যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না সুতরাং ধাতুটির যোজ্যতা=2

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন$=100\times2=200$

উদাহরণ 19. একটি ধাতুর 0·1 গ্রাম লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া 27°C এবং 751 মিমি. চাপে 102 মিলি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·26 হইলে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার এবং সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন$=\dfrac{6\cdot4}{0\cdot26}=24\cdot615$

ধরা যাক, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন V মিলি.

$\therefore$ $\dfrac{V\times760}{273}=\dfrac{102\times751}{300}$

বা, $V=\dfrac{102\times751\times273}{760\times300}=91\cdot72$ মিলি.

$\therefore$ উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন$=91\cdot72\times0\cdot00009$ গ্রাম$=0\cdot00825$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{0{\cdot}1\times1{\cdot}008}{0{\cdot}00825}=12{\cdot}22$

ধাতুটির যোজ্যতা $=\frac{24{\cdot}615}{12{\cdot}22}=2$

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $=12{\cdot}22\times2=24{\cdot}44$

উদাহরণ 20. একটি মৌলের (M) ক্লোরাইডের 1 গ্রামে 0·835 গ্রাম ক্লোরিন বর্তমান। ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 85। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ক্লোরিনের ওজন $=0{\cdot}835$ গ্রাম

$\therefore$ মৌলটির ওজন $=(1-0{\cdot}835)$ গ্রাম $=0{\cdot}165$ গ্রাম

$\therefore$ মৌলটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{0{\cdot}165\times35{\cdot}5}{0{\cdot}835}=7{\cdot}02$

যৌগটির আণবিক গুরুত্ব $=2\times85=170$

ধরা যাক, ক্লোরাইড যৌগটির আণবিক সঙ্কেত MCl_x

$\therefore$ মৌলটির যোজ্যতা x। সুতরাং মৌলটির পারমাণবিক ওজন $=7{\cdot}02x$

যৌগটির আণবিক ওজন $=7{\cdot}02x+35{\cdot}5x$

প্রশ্নানুসারে, $7{\cdot}02x+35{\cdot}5x=170$

বা, $x=\frac{170}{42{\cdot}82}=4$

$\therefore$ সুতরাং মৌলতুর ক্লোরাইডের সঙ্কেত MCl_4

বাষ্পাবস্থায় যে-সকল ক্লোরাইডের একটি অণুতে মৌলটির একটি পরমাণু বর্তমান সেই সকল যৌগের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রযোজ্য। বাষ্প অবস্থায় ক্লোরাইড যৌগটির সংযুতায়ন (polymerisation) হইলে মৌলটির যে-পারমাণবিক ওজন পাওয়া যাইবে তাহা সঠিক পারমাণবিক ওজনের গুণিতক হইবে। ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রনের তুল্যাঙ্কভার 18·67। ফেরিক ক্লোরাইডের বাষ্পীয় অবস্থায় আণবিক সঙ্কেত Fe_2Cl_6 এবং আণবিক ওজন 325। এই পদ্ধতিতে যোজ্যতা নির্ণয় করিলে আয়রনের যোজ্যতা 6 হইবে। যথা,

$$x(18{\cdot}67+35{\cdot}5)=325$$

বা, $x=6$

$\therefore$ আয়রনের প্রাপ্ত পারমাণবিক ওজন $=18{\cdot}67\times6=112\ (=56\times2)$

অর্থাৎ সঠিক পারমাণবিক ওজনের দ্বিগুণ।

উদাহরণ 21. একটি মৌলের অক্সাইডে 33·33% মৌল বর্তমান। একই মৌলের একটি ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব 59·25। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক ওজন এবং যোজ্যতা নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ মৌলের পরিমাণ $=33{\cdot}33\%$

অক্সিজেনের " $=66{\cdot}67\%$

∴ মৌলটির তুল্যাঙ্কভার$=\frac{33\cdot33\times8}{66\cdot67}=4$

ধরা যাক, মৌলটির যোজ্যতা x

∴ " পারমাণবিক ওজন$=4x$

মৌলটির প্রতীক M হইলে উহার ক্লোরাইডের সঙ্কেত MCl_x

∴ MCl_x-এর আণবিক ওজন$=4x+35\cdot5x=39\cdot5x$

আবার, মৌলটির ক্লোরাইডের বাষ্পঘনত্ব$=59\cdot25$

∴ " " আণবিক ওজন$=118\cdot5$

প্রশ্নানুসারে, $39\cdot5x=118\cdot5$ ∴ $x=\frac{118\cdot5}{39\cdot5}=3$

∴ মৌলটির যোজ্যতা$=3$

∴ মৌলটির পারমাণবিক ওজন$=3\times4=12$

উদাহরণ 22. একটি ধাতুর ক্লোরাইডে 80% ক্লোরিন বর্তমান। ক্লোরাইডটির বাষ্প ঘনত্ব 66·56 হইলে ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। ধাতুটির প্রতীক M হইলে উহার ক্লোরাইডের সঙ্কেত নির্ণয় কর।

সমাধান: ধাতব ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ$=80\%$

∴ " ধাতুর " " $=20\%$

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার$=\frac{20\times35\cdot5}{80}=8\cdot88$

ধাতব ক্লোরাইডটির আণবিক ওজন$=2\times66\cdot56=133\cdot12$

ধাতুটির যোজ্যতা x হইলে ধাতব ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত MCl_x। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন $8\cdot88\times x$।

প্রশ্নানুসারে, $8\cdot88\,x+35\cdot5\,x=133\cdot12$

∴ $x=\frac{133\cdot12}{44\cdot38}=2\cdot999=3$ (∵ যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা)

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন$=8\cdot88\times3=26\cdot64$

এবং ধাতব ক্লোরাইডটির সঙ্কেত MCl_3।

উদাহরণ 23. ফসফরাসের বিভিন্ন যৌগের বাষ্পঘনত্ব নিম্নে দেওয়া হইল:

$P_4O_{10}=150$ $PCl_3=70$ $PF_5=63$ $P_4S_3=114$

$P_4O_6=110$ $POCl_3=77$ $P_2S_5=111$

রাসায়নিক বিশ্লেষণে প্রত্যেকটি যৌগে P-এর শতকরা পরিমাণ যাহা পাওয়া গিয়াছে তাহা নিম্নে দেওয়া হইল:

$P_4O_{10}=43\cdot7\%$; $P_4O_6=56\cdot4\%$; $PCl_3=22\cdot5\%$; $PF_5=24\cdot6\%$; $POCl_3=20\cdot2\%$; $P_2S_5=27\cdot9\%$; $P_4S_3=56\cdot4\%$

P-এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন এবং প্রকৃত পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান :

যৌগ	আণবিক ওজন $150\times2=$	এক গ্রাম-অণুতে P-এর পরিমাণ	প্রাপ্ত ওজনগুলির গ. সা. গু. (ক্ষুদ্রতম ওজন)
P_4O_{10}	$150\times2=300$	$\frac{43{\cdot}7\times300}{100}=131{\cdot}1$	
P_4O_6	$110\times2=220$	$\frac{56{\cdot}4\times220}{100}=124{\cdot}1$	
PCl_3	$70\times2=140$	$\frac{22{\cdot}5\times140}{100}=31{\cdot}0$	31·00
PF_6	$63\times2=126$	$\frac{24{\cdot}6\times126}{100}=31{\cdot}0$	
$POCl_3$	$77\times2=154$	$\frac{20{\cdot}2\times154}{100}=31{\cdot}1$	
P_2S_5	$111\times2=222$	$\frac{27{\cdot}9\times222}{100}=61{\cdot}9$	
P_4S_3	$114\times2=228$	$\frac{56{\cdot}4\times228}{100}=128{\cdot}6$	

∴ P-এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন=31·0

যে-কোন একটি যৌগ P_4O_6-তে P-এর শতকরা পরিমাণ=56·4

∴ O-এর " " =43·6

∴ P_4O_6 যৌগে P-এর তুল্যাঙ্কভার$=\frac{56{\cdot}4\times8}{43{\cdot}6}=10{\cdot}35$

∴ " " " যোজ্যতা$=\frac{31}{10{\cdot}35}=3$

∴ P-এর সঠিক পারমাণবিক ওজন$=10{\cdot}35\times3=31{\cdot}05$

উদাহরণ 24. একটি ধাতব সালফেট, $ZnSO_4, 7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন এবং ইহাতে 20·9% ধাতু বর্তমান। ধাতুটির সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : ধাতুটির প্রতীক M হইলে ধাতুটির সালফেটের আণবিক সঙ্কেত হইবে $MSO_4, 7H_2O$, কারণ ইহা $ZnSO_4, 7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন।

ধরা যাক, ধাতুটির পারমাণবিক ওজন$=x$।

∴ ধাতুটির সালফেটের আণবিক ওজন$=x+96+18\times7=x+222$

∴ সালফেটে ধাতুটির শতকরা পরিমাণ$=\frac{x\times100}{x+222}$

প্রশ্নানুসারে, $\frac{100x}{x+222}=20{\cdot}9 \quad \therefore \quad x=58{\cdot}65$

$\therefore$ ধাতুটির সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন $=58{\cdot}65$

উদাহরণ 25. ম্যাগনেসিয়াম সালফেটে 9·75% ম্যাগনেসিয়াম এবং 39·02% সালফেটমূলক বর্তমান। জিঙ্ক সালফেটে 22·6% জিঙ্ক এবং 35·5% সালফেটমূলক বর্তমান। জিঙ্কের পারমাণবিক ওজন 65 হইলে, ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। দুইটি লবণ সমাকৃতিসম্পন্ন।

সমাধান : ম্যাগনেসিয়াম সালফেটে ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ $=9{\cdot}75\%$

$\therefore$ অবশিষ্ট মৌলগুলির পরিমাণ $=(100-9{\cdot}75)\%=90{\cdot}25\%$

জিঙ্ক সালফেটে জিঙ্কের পরিমাণ $=22{\cdot}6\%$

$\therefore$,, ,, অন্যান্য মৌলের ,, $=(100-22{\cdot}6)\%=77{\cdot}4\%$

77·4 গ্রাম অন্যান্য মৌলের সহিত যুক্ত জিঙ্কের পরিমাণ $=22{\cdot}6$ গ্রাম

$\therefore$ 90·25 গ্রাম অন্যান্য মৌলের সহিত যুক্ত জিঙ্কের পরিমাণ

$$=\frac{22{\cdot}6\times90{\cdot}25}{77{\cdot}4}=26{\cdot}35 \text{ গ্রাম}$$

সমাকৃতি সূত্রানুসারে, $\frac{\text{Mg-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Zn-এর পারমাণবিক ওজন}}=\frac{9{\cdot}75}{26{\cdot}35}$

বা, $\frac{\text{Mg-এর পারমাণবিক ওজন}}{65}=\frac{9{\cdot}75}{26{\cdot}35}$

$\therefore$ Mg-এর পারমাণবিক ওজন $=\frac{9{\cdot}75\times65}{26{\cdot}35}=24{\cdot}05$

$\therefore$ Mg-এর পারমাণবিক ওজন $=24{\cdot}05$

উদাহরণ 26. পটাসিয়াম সালফেট এবং পটাসিয়াম সেলেনেট সমাকৃতিসম্পন্ন। উহাদের ওজনগত সংযুতি নিম্নে দেওয়া হইল :

পটাসিয়াম সালফেট : $K=44{\cdot}83\%$, $O=36{\cdot}78\%$, $S=18{\cdot}39\%$

পটাসিয়াম সেলেনেট : $K=35{\cdot}29\%$, $O=28{\cdot}96\%$, $Se=35{\cdot}75\%$

সালফারের পারমাণবিক ওজন 32 হইলে সেলেনিয়ামের পারমাণবিক ওজন কত ?

সমাধান : 35·29 গ্রাম K-এর সহিত যুক্ত Se-এর পরিমাণ $=35{\cdot}75$

$\therefore$ 44·83 গ্রাম K-এর সহিত যুক্ত Se-এর পরিমাণ

$$=\frac{35{\cdot}75}{35{\cdot}29}\times44{\cdot}83=45{\cdot}4 \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ সমাকৃতি সূত্রানুসারে, $\frac{\text{Se-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{S-এর পারমাণবিক ওজন}}=\frac{45{\cdot}40}{18{\cdot}39}$

$\therefore$ Se-এর পারমাণবিক ওজন $=\frac{45{\cdot}40\times32}{18{\cdot}39}=79{\cdot}0$

$\therefore$ Se-এর নির্ণেয় পারমাণবিক ওজন $=79{\cdot}00$

উদাহরণ 27. একটি ধাতুর সালফেট লবণ $BaSO_4$-এর সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। ধাতুটির ক্লোরাইড লবণের 1 গ্রাম অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 0·965 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরা যাক, ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার=E

$$\therefore \frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{AgCl-এর তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{E+35 \cdot 5}{108+35 \cdot 5} = \frac{1}{0 \cdot 965}$$

[∵ বিক্রিয়া তুল্যাঙ্কভরের অনুপাতে হয়]

$$E = 113 \cdot 3$$

যেহেতু ধাতুটির সালফেট $BaSO_4$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। অতএব ধাতুটির সালফেটের সঙ্কেত MSO_4। সুতরাং ধাতুটির যোজ্যতা 2 [M=ধাতুটির প্রতীক]

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন$=113 \cdot 3 \times 2 = 226 \cdot 6$

উদাহরণ 28. M ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে। এই দুইটি অক্সাইডের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম লইয়া স্থির ওজন হওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল। ইহার ফলে যথাক্রমে 0·12585 গ্রাম এবং 0·2264 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় অক্সাইডের সঙ্কেত যদি MO হয় তবে প্রথম অক্সাইডটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [H. S. 1973]

সমাধান ঃ 18 গ্রাম জলে অক্সিজেনের পরিমাণ 16 গ্রাম

∴ 0·2264 „ „ „ „ $\frac{16 \times 0 \cdot 2264}{18}$ গ্রাম

=0·2012 গ্রাম=দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রামে অক্সিজেনের পরিমাণ

∴ দ্বিতীয় অক্সাইডে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণ

=(1−0·2012) গ্রাম=0·7988 গ্রাম

∴ দ্বিতীয় অক্সাইডে M ধাতুর তুল্যাঙ্কভার$= \frac{0 \cdot 7988 \times 8}{0 \cdot 2012} = 31 \cdot 76$

„ „ „ যোজ্যতা=2

∴ M ধাতুর পারমাণবিক ওজন$=31 \cdot 76 \times 2 = 63 \cdot 5$

প্রথম অক্সাইডের 1 গ্রামে অক্সিজেনের পরিমাণ

$= \frac{16 \times 0 \cdot 12585}{18} = 0 \cdot 1119$ গ্রাম

∴ ধাতুর পরিমাণ=(1−0·1119) গ্রাম=0·8881 গ্রাম

∴ প্রথম অক্সাইডে M ধাতুর তুল্যাঙ্কভার$= \frac{0 \cdot 8881 \times 8}{0 \cdot 1119} = 63 \cdot 5$

∴ প্রথম অক্সাইডে ধাতুটির যোজ্যতা$= \frac{63 \cdot 5}{63 \cdot 5} = 1$

∴ প্রথম অক্সাইডের সঙ্কেত M_2O

উদাহরণ 29. 0·01 ওজনের একটি ধাতুকে HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত করার ফলে 27°C তাপমাত্রায় জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা সংগৃহীত হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন হয় 10·65 c.c.; বায়ুর চাপ 760 মিমি. এবং 27°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 25 মিমি. হইলে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [J. E. 1984]

সমাধান : ধরা যাক, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন V মিলি.

$$\therefore \frac{V \times 760}{273} = \frac{10{\cdot}65 \times (760-25)}{300}$$

$$\text{বা, } V = \frac{10{\cdot}65 \times 735 \times 273}{300 \times 760} \text{ মিলি.} = 9{\cdot}4 \text{ মিলি.}$$

$\therefore$ উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন $= (9{\cdot}4 \times 0{\cdot}00009)$ গ্রাম $= 0{\cdot}000846$ গ্রাম

$$\therefore \text{ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার} = \frac{0{\cdot}01 \times 1{\cdot}008}{0{\cdot}000846} = 11{\cdot}9$$

উদাহরণ 30. একটি মৌল X-এর অক্সাইডে 10·3% অক্সিজেন বর্তমান। মৌলটির আপেক্ষিক তাপ 0·0305। মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? [J. E. 1979]

সমাধান : ধাতুটির অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ $= 10{\cdot}3$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির শতকরা পরিমাণ $= (100 - 10{\cdot}3)$ গ্রাম $= 89{\cdot}7$ গ্রাম

$$\therefore \text{ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার} = \frac{89{\cdot}7 \times 8}{10{\cdot}3} = 69{\cdot}67$$

$$\text{ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}0305} = 209{\cdot}8$$

$$\therefore \text{ ধাতুটির যোজ্যতা} = \frac{209{\cdot}8}{69{\cdot}67} = 3{\cdot}0$$

$\therefore$ " সঠিক পারমাণবিক ওজন $= 69{\cdot}67 \times 3 = 209{\cdot}01$

উদাহরণ 31. যে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার 12 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·25 সেই ধাতুর যোজ্যতা কত হইবে? [I. I. T. 1971]

সমাধান : ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $= \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}25} = 25{\cdot}6$

$$\therefore \text{ ধাতুটির যোজ্যতা} = \frac{25{\cdot}6}{12} = 2{\cdot}13$$

কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না। অতএব, ধাতুটির যোজ্যতা 2

উদাহরণ 32. একটি ধাতুর 2 গ্রাম H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিয়া 4·51 গ্রাম ধাতুর সালফেট পাওয়া গেল। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·057 হইলে ধাতুটির যোজ্যতা এবং পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. 1978]

সমাধান : 4·51 গ্রাম ধাতব সালফেটে $SO_4^{=}$ মূলকের ওজন

$= (4{\cdot}51 - 2)$ গ্রাম $= 2{\cdot}51$

$SO_4^{=}$ মূলকের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{96}{2}=48$

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{2\times48}{2\cdot51}=38\cdot25$

ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $=\frac{6\cdot4}{0\cdot057}=112\cdot3$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা $=\frac{112\cdot3}{38\cdot25}=2\cdot93$

যেহেতু, যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না, অতএব, ধাতুটির যোজ্যতা $=3$ এবং ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $=38\cdot25\times3=114\cdot75$

উদাহরণ 33. একটি মৌলের তুল্যাঙ্কভার 13·16। ইহার অক্সাইড হইল আম্লিক অক্সাইড। এই অক্সাইড KOH-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি লবণ দেয় যাহা K_2SO_4-এর সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। মৌলটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. 1977]

সমাধান : মৌলটির প্রতীক M হইলে প্রদত্ত শর্তানুসারে মৌলটির লবণের সংকেত হইবে K_2MO_4। এই লবণে M-এর যোজ্যতা 6।

$\therefore$ অক্সাইডটিতে মৌলটির যোজ্যতা ছিল 6

সুতরাং, মৌলটির পারমাণবিক ওজন $=13\cdot16\times6=78\ 96$

উদাহরণ 34. একটি ধাতব সালফেট লবণের সোদক কেলাসে 8·1% ধাতু এবং 43·2% সালফেট মূলক বর্তমান। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·241 হইলে সোদক কেলাসটির সংকেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1973]

সমাধান : ধরা যাক, ধাতুটির প্রতীক M

ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $=\frac{6\cdot4}{0\cdot241}=26\cdot56$

কেলাসটিতে জলের শতকরা পরিমাণ $=100-(8\cdot1+43\cdot2)=48\cdot7$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির সালফেট লবণে—

$$M : SO_4^{=} : H_2O=\frac{8\cdot1}{26\cdot56} : \frac{43\cdot2}{96} : \frac{48\cdot7}{18}$$
$$=0\cdot305 : 0\cdot45 : 2\cdot7$$
$$=1 : 1\cdot5 : 9=2 : 3 : 18$$

$\therefore$ সোদক সালফেট লবণটির সংকেত $M_2(SO_4)_3, 18H_2O$

উদাহরণ 35. ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে একটি উদ্বায়ী যৌগের 0·0623 গ্রাম 15°C এবং 750 মিমি. চাপে 31·5 সি.সি. বায়ু অপসারিত করে। যৌগটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। 15°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ $=12\cdot7$ মিমি.

[Cal. B. Sc. 1917]

সমাধান : ধরা যাক, অপসারিত বাতাসের N. T. P.-তে আয়তন V সি.সি.

$$\therefore \frac{31\cdot5\times(750-12\cdot7)}{273+15}=\frac{V\times760}{273}$$

$V=\frac{31\cdot5\times737\cdot3\times273}{288\times760}=28\cdot97$ সি.সি.

$\therefore$ যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব $=\frac{0\cdot0623}{28\cdot97\times0\cdot00009}=23\cdot9$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক ওজন $=2\times23\cdot9=47\cdot8$

উদাহরণ 36. একটি ধাতব ক্লোরাইডে 39·3% ধাতু আছে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [Tripura H. S. 1980]

সমাধান: ধাতব ক্লোরাইডে ধাতুর পরিমাণ 39·3%

$\therefore$ " " ক্লোরিনের " $(100-39\cdot3)\%=60\cdot7\%$

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{39\cdot3\times35\cdot5}{60\cdot7}=22\cdot98$

উদাহরণ 37. M ধাতুর দুইটি অক্সাইডের প্রত্যেকটির 2·0 গ্রাম লইয়া নিত্য ওজন পাওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·2517 গ্রাম এবং 0·4528 গ্রাম জল পাওয়া যায়। প্রথম অক্সাইডটির সঙ্কেত M_2O হইলে অপরটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Tripura H. S. 1984]

সমাধান: 18 গ্রাম জলে অক্সিজেনের পরিমাণ 16 গ্রাম

$\therefore$ 0·2517 " " " " $\frac{16\times0\cdot2517}{18}$ গ্রাম $=0\cdot2237$ গ্রা:

অনুরূপভাবে, 0·4528 " " " " $\frac{16\times0\cdot4528}{18}$ " $=0\cdot4025$ "

প্রথম অক্সাইডে—

0·2237 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন $=(2-0\cdot2237)$ গ্রাম $=1\cdot7763$ "

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{1\cdot7763\times8}{0\cdot2237}=63\cdot5$।

যেহেতু, প্রথম অক্সাইডের সঙ্কেত M_2O $\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা $=1$

$\therefore$ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন $=63\cdot5\times1=63\cdot5$

দ্বিতীয় অক্সাইডে—

0·4025 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন $=(2-0\cdot4025)$ গ্রাম $=1\cdot5975$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{1\cdot5975\times8}{0\cdot4025}=31\cdot75$

$\therefore$ দ্বিতীয় অক্সাইডে ধাতুটির যোজ্যতা $=\frac{63\cdot5}{31\cdot75}=2$

$\therefore$ দ্বিতীয় অক্সাইডটির সঙ্কেত MO

উদাহরণ 38. একটি ধাতুর 0·125 গ্রাম ক্লোরাইডে 0·054 গ্রাম ধাতু বর্তমান। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·281 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? [ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5] [Tripura H. S. 1985]

সমাধান : 0·125 গ্রাম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ

$(0{\cdot}125-0{\cdot}054)$ গ্রাম $=0{\cdot}071$ গ্রাম।

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{0{\cdot}054\times35{\cdot}5}{0{\cdot}071}=27$

ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $\times\,0{\cdot}281=6{\cdot}4$

$\therefore$ " " " $=\dfrac{6{\cdot}4}{0{\cdot}281}=22{\cdot}8$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা $=\dfrac{22{\cdot}8}{27}=0{\cdot}84\approx1$

যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না, অতএব, ধাতুটির যোজ্যতা 1

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $=27\times1=27$

উদাহরণ 39. একটি ধাতব অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ 60%। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [H. S. 1978]

সমাধান : অক্সাইডটিতে অক্সিজেনের পরিমাণ 40%

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{60}{40}\times8=12$

উদাহরণ 40. সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াটি বিবৃত কর এবং রাসায়নিক সমীকরণ হইতে সোডিয়াম কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [H. S. 1979]

সমাধান : $2\,HCl+Na_2CO_3=CO_2+H_2O+2NaCl$

HCl-এর তুল্যাঙ্কভার $35{\cdot}5+1=36{\cdot}5$

সমীকরণ হইতে পাই—

$2\times36{\cdot}5$ গ্রাম HCl 106 গ্রাম Na_2CO_3-এর সহিত বিক্রিয়া করে

$\therefore$ 36·5 " " 53 " " " " "

$\therefore$ Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $=53$

উদাহরণ 41. 1·986 গ্রাম কপার হইতে 2·470 গ্রাম CuO পাওয়া গেল। একটি $CuSO_4$ দ্রবণে 0·346 গ্রাম জিঙ্ক যুক্ত করিলে 0·335 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত হয়। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কত? [H. S. 1981]

সমাধান : $(2{\cdot}470-1{\cdot}986)$ গ্রাম বা 0·484 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপারের পরিমাণ 1·986 গ্রাম।

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্কভার $=\dfrac{1{\cdot}986\times8}{0{\cdot}484}=32{\cdot}8$

0·335 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত হয় 0·346 গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা

$\therefore$ 32·8 " " " $\dfrac{0{\cdot}346}{0{\cdot}335}\times32{\cdot}8$ গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা

$=33{\cdot}9$ গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা

$\therefore$ জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার $=33{\cdot}9$

উদাহরণ 42. একটি ধাতব অক্সাইডের 1·020 গ্রামের মধ্যে 0·540 গ্রাম ধাতু থাকিলে ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর এবং উহা হইতে ডুলং পেটিটের সূত্রের সাহায্যে ধাতুটির পরমাণুভার বাহির কর। ধাতুটির প্রতীক M ধরিয়া ধাতুটির অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ গ্রাম প্রতি 0·216 ক্যালোরি/ডিগ্রী) [H. S. 1982]

সমাধান : ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $=\frac{6\cdot4}{0\cdot216}=29\cdot6$

ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=\frac{0\ 540\times8}{(1\cdot020-0\cdot540)}=9$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা $=\frac{29\cdot6}{9}=3\cdot3=3$

[$\because$ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না]

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $=9\times3=27$

এবং " অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত M_2O_3 ।

উদাহরণ 43. (a) 0·20 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সম্পূর্ণভাবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়াশেষে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 185·0 মিলি. শুষ্ক H_2 গ্যাস পাওয়া গেল। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

(b) ম্যাগনেসিয়ামের পরমাণুভার বাহির করিবার জন্য অতিরিক্ত আর কি তথ্য প্রয়োজন ? [H. S. 1983]

সমাধান : N. T. P.-তে 185 মিলি. হাইড্রোজেন $=(185\times0\cdot00009)$ গ্রাম
$=0\cdot01665$ গ্রাম হাইড্রোজেন।

0·01665 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় 0·20 গ্রাম Mg দ্বারা।

$\therefore$ Mg-এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{0\cdot20}{0\cdot01665}=12$

Mg-এর পরমাণুভার বাহির করিতে হইলে Mg-এর যোজ্যতা জানিতে হইবে।

উদাহরণ 44. M ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা 30 ভাগ ক্লোরিন আছে। এই ক্লোরাইডটি পটাসিয়াম ক্লোরাইডের (KCl) সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। (ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5)

[H. S. 1984]

সমাধান : যেহেতু M ধাতুর ক্লোরাইড KCl-এর সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন

$\therefore$ M ধাতুর ক্লোরইডের সঙ্কেত MCl এবং M-এর যোজ্যতা 1

30 ভাগ ক্লোরিন যুক্ত হয় 70 ভাগ ধাতুর সহিত

$\therefore$ 35·5 " " " $\frac{70\times35\cdot5}{30}$ ভাগ বা 82·8 ভাগ ধাতুর সহিত

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার 82·8

এবং ধাতুটির পারমাণবিক ওজন $=82\cdot8\times1=82\cdot8$

উদাহরণ 45. 1·08 গ্রাম একটি ধাতু 1·435 গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·059 হইলে ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত? (Cl=35·5) [H. S. 1985]

সমাধান : ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার$=\frac{1·08\times 35·5}{(1·435-1·08)}=108$

ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন$=\frac{6·4}{0·059}=108·47$

ধাতুটির যোজ্যতা$=\frac{108·47}{108}=1$

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব$=108\times 1=108$।

উদাহরণ 46. একটি মৌলের ক্লোরাইডে মৌলটির ওজনগত পরিমাণ 57·89%। মৌলটির আপেক্ষিক তাপ 0·0324 ক্যালরি ডিগ্রী$^{-1}$ গ্রাম$^{-1}$। মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [J. E. 1981]

সমাধান : মৌলটির তুল্যাঙ্কভার$=\frac{57·89\times 35·5}{(100-57·89)}=48·8$

ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন$=\frac{6·4}{0·0324}=197·5$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা$=\frac{197·5}{48·8}=4$

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন$=48·8\times 4=195·2$।

উদাহরণ 47. কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার 12 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·25 ক্যালরি গ্রাম$^{-1}$ ডিগ্রী$^{-1}$ হইলে উহার যোজ্যতা কত হইবে? [J. E. 1985]

সমাধান : মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন$=\frac{6·4}{0·25}=25·6$

$\therefore$ মৌলটির যোজ্যতা$=\frac{25·6}{12}=2·13$

$\because$ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না। $\therefore$ মৌলটির যোজ্যতা$=2$।

উদাহরণ 48. একটি ধাতব কার্বনেটের 4·215 গ্রামকে একটি শক্ত কাচনলে উত্তপ্ত করার পর উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন 27°C উষ্ণতা এবং 700 মিমি. চাপে 1336 মিলি. হইল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [I. I. T. 1979]

সমাধান : ধরা যাক, উৎপন্ন CO_2-এর N. T. P.-তে আয়তন V মিলি.

$$\frac{V\times 760}{273}=\frac{1336\times 700}{300}$$

$$\therefore\ V=\frac{1336\times 700\times 273}{300\times 760}=1120 \text{ মিলি.}$$

N. T. P.-তে 22400 মিলি. CO_2=44 গ্রাম CO_2

$\therefore$ „ 1120 „ „ $=\frac{44\times1120}{22400}$ গ্রাম বা, 2·2 গ্রাম CO_2

অবশিষ্ট ধাতব অক্সাইডের পরিমাণ=(4·215 − 2·2) গ্রাম=2·015 গ্রাম

$$\frac{\text{ধাতব কার্বনেটের ওজন}}{\text{ধাতব অক্সাইডের ওজন}}=\frac{\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}+\text{কার্বনেট মূলকের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}+\text{অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার}}$$

$$\text{বা, } \frac{4{\cdot}215}{2{\cdot}015}=\frac{E+30}{E+8} \quad \text{বা, } E=12{\cdot}15$$

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার=12·15।

উদাহরণ 49. নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণ হইতে H_3PO_4-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

$$Ca(OH)_2+H_3PO_4=CaHPO_4+2H_2O$$ (I. I. T. 1980]

সমাধান: এই বিক্রিয়ায় H_3PO_4 দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডের মত ব্যবহার করিতেছে।

$$\therefore \text{ ইহার তুল্যাঙ্কভার}=\frac{M}{2}=\frac{3+31+64}{2}=\frac{98}{2}=49$$

সার-সংক্ষেপ

তুল্যাঙ্কভার: কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অথবা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইতে পারে অথবা অক্সিজেন, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন ঘটিত যৌগ হইতে যথাক্রমে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অথবা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনকে অপসারিত করিতে পারে তত ভাগ ওজনকে মৌলটির তুল্যাঙ্কভার বা যোজনভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে।

গ্রাম তুল্যাঙ্কভার: তুল্যাঙ্কভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে গ্রাম তুল্যাঙ্কভার বলে।

যৌগমূলকের **তুল্যাঙ্কভার** হইল ইহার কত ভাগ ওজন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অথবা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইতে পারে সেই সংখ্যামান।

কোন যৌগ যে-সকল মৌল বা যৌগমূলক দ্বারা গঠিত তাহাদের নিজ নিজ তুল্যাঙ্কভারের যোগফল যৌগটির তুল্যাঙ্কভারের সমান। মৌলের তুল্যাঙ্কভার পরিবর্তনশীল। কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব=তুল্যাঙ্কভার×ইহার যোজ্যতা।

ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় পদ্ধতি: (a) ধাতুর দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া (b) ধাতুর অক্সাইড যৌগ গঠন করিয়া (c) ধাতুর অক্সাইড যৌগ বিজারণ করিয়া (d) ধাতুর ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিয়া (e) ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রের সাহায্যে।

অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় পদ্ধতি : (a) অক্সাইড যৌগ গঠন করিয়া, (b) ধাতব অক্সাইড বিজারিত করিয়া, (c) ক্লোরাইড যৌগ গঠন করিয়া।

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় : (a) ভৌত পদ্ধতি, (b) রাসায়নিক পদ্ধতি।

(a) ভৌত পদ্ধতি : (i) ডুলং পেটিটের সূত্রের সাহায্যে।

ডুলং পেটিটের সূত্র : C, B, Si Be ইত্যাদি কয়েকটি কঠিন মৌল ব্যতীত যে-কোন কঠিন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক তাপ সব সময় সমান হয় এবং তাহার মান 6·4 (প্রায়)। মৌলের পারমাণবিক তাপ=মৌলের আপেক্ষিক তাপ×উহার পারমাণবিক গুরুত্ব।

$$\text{মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{\text{মৌলের আপেক্ষিক তাপ}}$$

(ii) **মিত্‌শেরলিষের সূত্র প্রয়োগ করিয়া :** কোন কেলাসের প্রধান উপাদান মৌল সমাকৃতি সম্পন্ন অন্য কোন কেলাসের প্রধান উপাদান মৌল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে কেলাসের জ্যামিতিক আকারের কোনও পরিবর্তন হয় না। দুইটি সমাকৃতি যৌগের মধ্যে একটিতে প্রধান উপাদান মৌল A (পারমাণবিক গুরুত্ব=a) এবং অপরটিতে প্রধান উপাদান মৌল B (পারমাণবিক গুরুত্ব=b) বর্তমান থাকিলে এবং A মৌলের W_1 গ্রাম B মৌলের W_2 গ্রামকে প্রতিস্থাপিত করিতে সক্ষম হইলে,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{a}{b}$$

W_1, W_2 এবং a ও b-এর মধ্যে যে-কোন একটি জানা থাকিলে অজ্ঞাত পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব।

সমাকৃতি কেলাসের বৈশিষ্ট্য : (*a*) একই জ্যামিতিক আকার বিশিষ্ট, (*b*) মিশ্র কেলাস গঠন এবং (c) অধিবৃদ্ধি।

(iii) উদ্বায়ী পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া।

(b) **রসায়নিক পদ্ধতি :** (i) ক্যানিজারো পদ্ধতি, (ii) মৌলের যোজ্যতা ও তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিয়া। পারমাণবিক ভার=তুল্যাঙ্কভার×যোজ্যতা।

(iii) **স্টাস এবং রিচার্ড পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের ওজনগত অনুপাত নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিয়া নির্দিষ্ট কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। তবে জানিয়া রাখিতে হইবে অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 16 এবং 1·008।

আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় : (i) কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং অণুর পরমাণুকতা জানা থাকিলে মৌলটির আণবিক ওজন নির্ণয় করা সহজসাধ্য। অক্সিজেনের আণবিক ওজন=$16 \times 2 = 32$। যে-সকল যৌগ উদ্বায়ী তাহাদের আণবিক গুরুত্ব উহাদের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া নির্ধারণ করা হয়। $M = 2D$। ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. মৌলের তুল্যাঙ্কভার কাহাকে বলে? [H. S. 1978, '80; Tripura H. S. 1980, 1981, 1984] ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতিগুলির নীতি আলোচনা কর। ধাতব জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নির্ণয় করিবে? [Tripura, H. S. 1984]

2. গ্রাম তুল্যাঙ্কভার কাহাকে বলে? রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক সংখ্যা দ্বারা প্রকাশের কারণ ব্যাখ্যা কর। যৌগমূলকের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝ?

3. যৌগিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝ? [Tripura H. S. 1983] যৌগিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে গণনা করা হয়?

4. দেখাও যে, মৌলের তুল্যাঙ্কভার পরিবর্তনশীল। প্রমাণ কর যে, মৌলের পারমাণবিক ওজন কোনও নির্দিষ্ট যৌগে উহার যোজ্যতা এবং তুল্যাঙ্কভার-এর গুণফলের সমান।
[Tripura H. S. 1981, 1984, H. S. 1980, '81, J. E. 1981, '83]

5. অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

6. পারমাণবিক গুরুত্ব কাহাকে বলে? [J. E. 1981] পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের ভৌত পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর।

7. মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের ক্ষেত্রে যে-সকল রাসায়নিক পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয় তাহা সংক্ষেপে আলোচনা কর।

8. স্টাস এবং রিচার্ড পদ্ধতিতে কিভাবে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়?

9. আণবিক গুরুত্ব কাহাকে বলে? ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে উদ্বায়ী যৌগের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতিটি সংক্ষেপে বিবৃত কর।

10. যে-সকল মৌলের তুল্যাঙ্কভার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনের পদ্ধতিতে করা হয় সেই সকল মৌলের বিশেষত্ব কি হইবে? এই পদ্ধতিতে তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের সময় কি কি সতর্কতা অবলম্বন করিবে?

11. কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বিস্তারিতভাবে আলোচনা কর [H. S. 1983]। কার্বনের তুল্যাঙ্কভার কিভাবে নিরূপণ করিবে? [Tripura, H. S. 1981]

12. Mg, Zn, Cu, Hg—এই ধাতুগুলির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবার জন্য 'হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি' কোন্ কোন্ ধাতুর ক্ষেত্রে প্রয়োগ করিবে? অন্যান্য ধাতুর ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা যাইবে না কেন? ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর। [Tripura, H. S. 1982]

13. মৌলের পারমাণবিক তাপ বলিতে কি বুঝ? ডুলং পেটিটের সূত্রটি বিবৃত কর এবং ইহার সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের নীতিটি বিশদভাবে বুঝাইয়া বল। [Tripura H. S. 1985, H. S. 1980, '82, J. E. 1984] কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে ডুলং পেটিটের সূত্রটি প্রযোজ্য নহে? [H. S. 1985]

14. সমাকৃতি যৌগ বলিতে কি বুঝ? [J. E. 1979] উহাদের বিশেষত্বগুলি আলোচনা কর। NaCl এবং হীরক (Diamond)-এর কেলাসগঠন এক হইলেও উহাদের সমাকৃতি বলা হয় না কেন?

প্রাকৃতিক $NaNO_3$-এ সব সময়েই কিছু পরিমাণ $NaIO_3$ থাকে কেন? [J. E. 1985]

15. মিৎশেরলিষের সমাকৃতি সূত্রটি বিবৃত কর এবং উহার সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতিটি আলোচনা কর। [Tripura H. S. 1982]

16. একটি মৌলের কতগুলি উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায়? মৌলটির পারমাণবিক ওজন কিভাবে নির্ণয় করিবে?

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. একটি মৌলের তুল্যাঙ্কভার 35·5 হইলে উহার গ্রাম তুল্যাঙ্কভার কত?

2. একটি ধাতুর 12 গ্রাম লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া N. T. P.-তে 11·2 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

3. একটি ধাতব অক্সাইডের 4 গ্রামে 3·2 গ্রাম ধাতু বর্তমান। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

4. একটি ধাতু 7·1 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 28·7 গ্রাম ক্লোরাইড যৌগ উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

5. সমপরিমাণ তড়িতের দ্বারা 13·0 গ্রাম ধাতু এবং 2·24 লিটার (N. T. P.) হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইলে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

6. ডুলং এবং পেটিটের সূত্রটির গাণিতিক প্রকাশটি লিখ।

7. একটি মৌলের কয়েকটি যৌগের গ্রাম অণুতে উপস্থিত মৌলের পরিমাণ যথাক্রমে 38 গ্রাম, 57 গ্রাম, 76 গ্রাম এবং 95 গ্রাম। মৌলটির পারমাণবিক ওজন কত?

8. মৌলের পারমাণবিক ওজন=মৌলটির তুল্যাঙ্কভার $\times$ n

n বলিতে কি বুঝ?

9. একটি মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন 50 এবং উহার তুল্যাঙ্কভার 26·6। মৌলটির ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত লিখ। জিঙ্ক সালফেট কেলাস $MgSO_4$, $7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। জিঙ্ক সালফেটের আণবিক সঙ্কেত কি?

10. রেডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস বেরিয়াম ক্লোরাইডের ($BaCl_2$) সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। রেডিয়ামের যোজ্যতা কত ?

11. পদার্থের আণবিক ওজন এবং বাষ্প ঘনত্বের সম্পর্ক কি ?

12. N. T. P.-তে 112 সি.সি. একটি গ্যাসের ওজন 0·24 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত ?

13. একটি উদ্বায়ী পদার্থের 0·092 গ্রামকে বাষ্পীভূত করিলে N. T. P.-তে 44·8 মিলি. শুষ্ক বায়ু অপসারিত করে। পদার্থটির আণবিক ওজন কত ?

14. সঠিক উত্তর নির্ণয় কর :

(a) একটি জৈব যৌগের 0·14 গ্রাম হইতে N. T. P.-তে 22·4 লিটার নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। যৌগটিতে নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ (i) 50, (ii) 30, (iii) 20, (iv) 10।

(b) একটি ধাতুর 1 গ্রামকে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করিতে 50 মিলি. 0·5 (N) HCl-এর প্রয়োজন। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার (i) 20 (ii) 25 (iii) 4 (iv) 50।

(c) একটি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার 13·74 এবং উহার আপেক্ষিক তাপ 0·117। ধাতুটির যোজ্যতা (i) 3, (ii) 2, (iii) 1, (iv) ইহাদের মধ্যে কোনটিই নয়।

(d) ভিক্টর মেয়ার পরীক্ষায় একটি পদার্থের 0·2 গ্রাম যে-পরিমাণ বায়ু অপসারিত করে N. T. P.-তে তাহার আয়তন 112 মিলি.। পদার্থটির আণবিক ওজন (i) 20, (ii) 40, (iii) 112, (iv) 10।

(e) একটি কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ 0·032। মৌলটির যোজ্যতা 2 হইলে উহার তুল্যাঙ্কভার (i) 100, (ii) 200, (iii) 50, (iv) 25।

15. শূন্যস্থান পূরণ কর :

(a) একটি ধাতুর এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক লঘু অ্যাসিড হইতে N. T. P.-তে — লিটার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

(b) একটি ধাতুর 1·2 ভাগ ওজন 0·8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার—।

(c) একটি মৌলের অক্সাইডে 20% অক্সিজেন বর্তমান। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার—।

(d) একটি মৌল M-এর তুল্যাঙ্কভার 9। মৌলটির অক্সাইডের সঙ্কেত M_2O_3 হইলে মৌলটির পারমাণবিক ওজন—।

16. কোন্‌টি ঠিক বল :

(a) একটি মৌলের A_1 গ্রাম হইতে A_2 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার (i) $\frac{A_2-A_1}{A_1}\times 8$ (ii) $\frac{A_1}{A_2-A_1}\times 8$

(iii) $\frac{A_2-A_1}{A_2}\times 8$ (iv) $\frac{A_2}{A_2-A_1}\times 8$

(b) একটি ধাতব অক্সাইডের 3·15 গ্রামকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 1·05 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। ইহা হইতে আমরা বলিতে পারি—

(i) ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 8 ; (ii) ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 4 ; (iii) ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার 4 ; (iv) ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার 8 ।

(c) একটি ধাতুর 2·12 গ্রাম লঘু H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন 16°C উষ্ণতা এবং 736·5 মিমি. চাপে 212 মিলি. । ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত ?

(d) একটি যৌগে 28% নাইট্রোজেন এবং 72% ধাতু বর্তমান। ধাতুটির 3টি পরমাণু নাইট্রোজেনের 2টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইলে ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত ? [I. I. T. 1980]

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. একটি ধাতুর 0·33 গ্রাম লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে-হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিল তাহার N. T. P.-তে আয়তন 113 সি.সি. । ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [D. H. S. 1965] (উঃ। 32·70)

2. 0·205 গ্রাম একটি ধাতু লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে-হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে তাহাকে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হইল। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন 775 মিমি. চাপে এবং 17°C উষ্ণতায় 106·60 মিলি. । 17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14·4 মিমি. হইলে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [Punjab, 1964] (উঃ। 22·87)

3. একটি ধাতুর 0·0396 গ্রাম HCl-এ সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন H_2-এর সহিত O_2 মিশাইয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠানো হইল। দেখা গেল পূর্ণ দহনের জন্য প্রয়োজনীয় O_2-এর আয়তন 27°C উষ্ণতায় এবং 680 মিমি. চাপে 13·75 সি.সি. । ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।
[Mysore Inter.] (উঃ। 19·81)

4. 4·8 গ্রাম Mg 14·29 গ্রাম একটি অধাতুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। অধাতুটির হাইড্রোজেন যৌগে 2·75% H_2 বর্তমান। Mg-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উঃ। 11·97)

5. 0·225 গ্রাম Zn লঘু H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে H_2 উৎপন্ন করে তাহার আয়তন 23°C উষ্ণতা এবং 748 মিমি. চাপে 88·3 সি.সি. । জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। 23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 21 মিমি. ।
[Punjab, 1972] (উঃ। 32·6)

6. একটি ধাতুর 0·45 গ্রাম লঘু H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া 23°C উষ্ণতা এবং 743 মিমি. চাপে 176·6 সি.সি. H_2 উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। 23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 21 মিমি. ।
[D. H. S. 1964] (উঃ। 32·58)

7. একটি ধাতুর 3·6 গ্রাম বাতাসে উত্তপ্ত করিলে 6 গ্রাম অক্সাইড গঠন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উঃ। 12)

8. একটি ধাতব অক্সাইডে 28·57% অক্সিজেন আছে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। (উঃ। 20)

9. একটি ধাতব অক্সাইডের 0·398 গ্রাম শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে 0·09 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার বাহির কর।

[Rajputana, 1954] (উঃ। 31·8)

10. 1·58 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিবার ফলে 0·36 গ্রাম জল পাওয়া গেল এবং 1·26 গ্রাম ধাতব কপার উৎপন্ন হইল। কপার এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

(উঃ। 31·74, 8)

11. 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাস-প্রবাহে উত্তপ্ত করিবার পর 0·6842 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইল। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত?

[I. I. T. 1961] (উঃ। 31·73)

12. 0·54 গ্রাম ধাতব সিলভার HNO_3-তে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণে অতিরিক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যুক্ত করার পর 0·7175 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইল। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার কত?

[Bombay, 1946] (উঃ। 108)

13. একটি ধাতুর 2 গ্রাম ক্লোরিন গ্যাস-প্রবাহে উত্তপ্ত করার ফলে 3·264 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হইল। ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5 হইলে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উঃ। 56·27)

14. একটি মৌলের ক্লোরাইড যৌগে 58·68% ক্লোরিন বর্তমান। ক্লোরাইড যৌগটির বাষ্প N. T. P.-তে সম-আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা 91 গুণ ভারী। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক ওজন এবং যোজ্যতা নির্ণয় কর।

[Osmania, 1953] (উঃ। 25, 75, 3)

15. একটি ধাতব ক্লোরাইডের 0·6385 গ্রামকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করার পর 0·414 গ্রাম ধাতু পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[Bombay, 1948] (উঃ। 65·46)

16. M একটি ধাতু। ইহার একটি উদ্বায়ী ক্লোরাইডে 80% ক্লোরিন বর্তমান। ক্লোরাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 66·75। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Roorkee, 1954] (উঃ। 26·625)

17. একটি পরীক্ষায় দেখা গেল যে, 55·804 গ্রাম সিলভার 97·145 গ্রাম সিলভার ব্রোমাইড উৎপন্ন করিল। ব্রোমিনের তুল্যাঙ্কভার 80 হইলে সিলভারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উঃ। 108)

18. একটি পরীক্ষায় দেখা গেল 0·543 গ্রাম জিঙ্ক কপার সালফেট দ্রবণ হইতে

0·527 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করিল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। কপারের তুল্যাঙ্কভার 31·50। [Punjab, 1958] (উঃ। 32·45)

19. 1·081 গ্রাম কপার, সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 3·67 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার 107·88 হইলে কপারের তুল্যাঙ্কভার কত? (উঃ। 31·37)

20. M ধাতুর ক্লোরাইডে 54·5% M বর্তমান। N ধাতুর একটি লবণ হইতে M ধাতুর 3·0 গ্রাম 4·8 গ্রাম N-কে প্রতিস্থাপিত করে। N-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উ: 68·03)

21. 1·201 গ্রাম জিঙ্ককে HNO_3-তে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন নাইট্রেট লবণকে পৃথক করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে 1·497 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া যায়। দ্বিতীয় একটি পরীক্ষায় দেখা গেল 0·543 গ্রাম জিঙ্ক কপার সালফেট লবণের দ্রবণ হইতে 0·527 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার 8 হইলে কপার এবং জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার কত? [Punjab, 1958] (উঃ। 31·5, 32·46)

22. কপারের তুল্যাঙ্কভার 31·7 এবং ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 12। কপার সালফেট দ্রবণ হইতে 30 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করিতে কত গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের দরকার? (উ:। 11·37 গ্রাম)

23. একটি ধাতব হাইড্রক্সাইডের 1·52 গ্রাম উত্তপ্ত করিলে 0·995 গ্রাম অক্সাইড গঠন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? (উঃ। 9·06)

24. একটি ধাতব কার্বনেটের 1·5 গ্রামকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করার ফলে 0·855 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?
[Punjab, 1942] (উ:। 21·16)

25. একটি ধাতব ক্লোরাইডের 1·11 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করা হইল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডকে পরিস্রুত করিয়া শুষ্ক করা হইল এবং ওজন লইয়া দেখা গেল ইহার ওজন 2·87 গ্রাম। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? (উঃ। 20·0)

26. একটি মৌলের সালফেটে মৌলটির পরিমাণ 42·2%। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার কত? মৌলটির সালফেটে এবং অক্সাইডে মৌলটির যোজ্যতা সমান থাকিলে, অক্সাইডে মৌলটির শতকরা পরিমাণ কত? [I. I. T. 1965]
(উঃ। 35·05, 81·4%)

27. 1·49 গ্রাম KCl-এর সহিত সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় 2·87 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হইল। সিলভার এবং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 108 এবং 35·5 হইলে পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।
[Calcutta, 1943] (উঃ। 38·99)

28. একটি অ্যাসিডের 1·00 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া

করিয়া 1·301 গ্রাম নিরুদক ম্যাগনেসিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [Patna, 1949] (উঃ। 36·55)

29. একটি ধাতব ক্লোরাইডের 1 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট যোগ করার ফলে উৎপন্ন বিশুদ্ধ সিলভার ক্লোরাইডের ওজন 2·11 গ্রাম। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? (উঃ। 32·51)

30. অতিরিক্ত HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি ধাতু M-এর 0·3 গ্রাম N. T. P.-তে 280 সি.সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ইহার অক্সাইডের সঙ্কেত MO হইলে ইহার পারমাণবিক ওজন কত? [Gujarat, 1953] (উঃ। 24)

31. একটি দ্বিযোজী (divalent) ধাতুর 2·65 গ্রাম অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল 2·454 ধাতু উৎপন্ন হইয়াছে। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (উঃ। 200·2)

32. একটি ত্রিযোজী (trivalent) ধাতুর ক্লোরাইডে 40·5% ক্লোরিন আছে। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত? (উঃ। 156·54)

33. একটি দ্বিযোজী ধাতু M-এর তুল্যাঙ্কভার 12। M-এর পারমাণবিক ওজন কত? ইহার ক্লোরাইডে সঙ্কেত কি হইবে এবং অক্সাইডের আণবিক ওজন কত হইবে? (উঃ। 24, MCl_2, 40)

34. নিম্নলিখিত তথ্য হইতে একটি ধাতু M-এর তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর:

(a) 0·45 গ্রাম ধাতু N. T. P.-তে অ্যাসিড হইতে 560 সি. সি. হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

(b) ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·214। [Nagpur, 1953] (উঃ। 9, 27)

35. একটি ধাতব কার্বনেটের 0·84 গ্রাম উত্তপ্ত করিয়া 0·40 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·25। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। ধাতব কার্বনেটটির সঙ্কেত কি হইবে?

[Baroda, 1954] (উঃ। 24, MCO_3)

36. একটি মৌলের একটি অক্সাইডে 47% অক্সিজেন আছে। মৌলটির আপেক্ষিক তাপ 0·22। মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন, তুল্যাঙ্কভার এবং যোজ্যতা নির্ণয় কর। মৌলটির ক্লোরাইড, অক্সাইড এবং সালফেটের সঙ্কেত কি হইবে?

[Delhi Pre-Med., 1953]

(উঃ। 27·066, 9·022, 3; MCl_3, M_2O_3, $M_2(SO_4)_3$)

37. একটি ধাতব আয়োডাইডে 55·86% আয়োডিন আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·033। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত? আয়োডিনের তুল্যাঙ্কভার 126·92। [M. P. Board, 1952] (উঃ। 200·58)

38. দুইটি ধাতু M এবং N-এর আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 0·26 এবং 0·23 এবং উহাদের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 12 এবং 9। উহাদের ক্লোরাইডের সঙ্কেত কি হইবে? [D. H. S. 1954] (উঃ। MCl_2, NCl_3)

39. একটি ধাতব ক্লোরাইডে ধাতুর পরিমাণ 34·47%, ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·11। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক ওজন এবং যোজ্যতা কত হইবে? ইহার ক্লোরাইডের সঙ্কেত কি হইবে? (উঃ। 18·65, 56·01, 3, MCl_3)

40. একটি ধাতুর 0·2160 গ্রাম অতিরিক্ত HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া 20°C উষ্ণতায় এবং 770 মিমি. চাপে 80·4 সি. সি. আর্দ্র হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·0955 হইলে ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন ও যোজ্যতা নির্ণয় কর। 20°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 17·5 মিমি.।

[D. H. S. 1953] (উঃ। 65·22, 2)

41. একটি ধাতব ক্লোরাইডের 0·7175 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল 0·1830 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হইয়াছে। ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·5 এবং ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·059 হইলে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার, যোজ্যতা এবং পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Delhi Pre-Med. 1957] (উঃ। 107·6, 1, 107·6)

42. একটি পরীক্ষায় দেখা গেল 0·40 গ্রাম একটি ধাতু HCl-এ দ্রবীভূত করিবার পর উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন 22°C উষ্ণতায় এবং 752 মিমি. চাপে 295 সি. সি.। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·152 হইলে উহার পারমাণবিক ওজন কত? [Calcutta, 1943] (উঃ। 40·64)

43. একটি ধাতব অক্সাইডে 20% অক্সিজেন বর্তমান। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·068। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার, যোজ্যতা এবং পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Punjab, 1965] (উঃ। 32, 3, 96)

44. একটি মৌল M-এর 1 গ্রাম ক্লোরাইডে 0·835 গ্রাম ক্লোরিন আছে। ক্লোরাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 85। ইহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে?

[U. P. Inter. 1950] (উঃ। MCl_4)

45. একটি ধাতু M-এর একটি উদ্বায়ী ক্লোরাইড যৌগে ক্লোরিনের পরিমাণ 80%। ক্লোরাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 66·75। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? [Rourkee C. E. Comp. 1954] (উঃ। 26·625)

46. একটি মৌলের অক্সাইডে 72·73% অক্সিজেন আছে। মৌলটির ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 77। মৌলটির পারমাণবিক ওজন এবং যোজ্যতা কত?

[Punjab, 1960] (উঃ। 12, 4)

47. অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 68, অ্যালুমিনিয়াম ব্রোমাইডের শতকরা সংযুতি হইল Al=40·15%, Br=59·85%। Al-এর আপেক্ষিক তাপ 0·225, Al-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [Agra Pre-Med., 1945]

(উঃ। 27·12)

48. একটি ধাতু M-এর তিনটি উদ্বায়ী ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ যথাক্রমে 23·6%, 38·2% এবং 48·3%। ক্লোরাইডগুলির বাষ্প-ঘনত্ব যথাক্রমে 74·6,

92·2 এবং 110·61। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·055। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। ক্লোরাইডগুলির সঙ্কেত কি হইবে? [Banaras, 1951]

(উঃ। 114·92, MCl, MCl_2 MCl_3)

49. নিম্নলিখিত তথ্যের সাহায্যে অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর:

	যৌগ	আণবিক ওজন	অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ
নাইট্রিক অক্সাইড	NO	30	53·33
কার্বন মনোক্সাইড	CO	28	57·14
সালফার ডাই-অক্সাইড	SO_2	64	50

50. ক্রোমঅ্যালাম পটাশঅ্যালামের (K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$) সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। ক্রোমঅ্যালামে ক্রোমিয়ামের পরিমাণ 10·42%। ক্রোমিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (Al=27, S=32, K=39)

(উঃ। 51·98)

51. দুইটি মৌল A এবং B-এর অক্সাইড সমাকৃতিসম্পন্ন। A-এর পারমাণবিক ওজন 52 এবং ইহার ক্লোরাইড যৌগের বাষ্প-ঘনত্ব 79। B-এর অক্সাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ 47·1%। B-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

(উঃ। 26·97)

52. একটি কেলাস পটাশঅ্যালামের সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। কেলাসটির ওজনগত সংযুতি নিম্নে দেওয়া হইল:

ধাতু M=23·41%, Al=4·75%, SO_4=33·8%, H_2O=38·04%

M-এর পারমাণবিক ওজন কত? [London, H. S. C.] (উঃ। 133)

53. কিউপ্রাস সালফাইড এবং সিলভার সালফাইড সমাকৃতিসম্পন্ন যৌগ। কিউপ্রাস সালফাইডে 20·14% সালফার এবং সিলভার সালফাইডে 12·94% সালফার আছে। সিলভারের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[M. P. Board, 1954] (উঃ। 107·86)

54. M একটি ধাতু। M ধাতুর সালফেট ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের ($MgSO_4$, $7H_2O$) সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। M ধাতুর 0·6538 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 2·16 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। M-এর পারমাণবিক ওজন কত? [Baroda Inter. 1953] (উঃ। 65·38)

55. একটি মৌল A-এর ক্লোরাইড KCl-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। A-এর ক্লোরাইডে 29·34% ক্লোরিন আছে। A-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Delhi Pre-Med., 1962] (উঃ। 85·49)

56. একটি ধাতব সালফেট $MgSO_4$, $7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। ধাতব সালফেটে ধাতুর পরিমাণ 22·64%। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Banaras, 1951] (উঃ। 65)

57. একটি কঠিন মৌল নির্দিষ্ট আয়তন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সমচাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তন একটি গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাসটির বাষ্প-ঘনত্ব 32 হইলে কঠিন মৌলটির তুল্যাঙ্কভার কত হইবে?

[I. I. T. 1968] (উঃ। 8)

58. একটি মৌলের সালফেটে 42·2% মৌল বর্তমান। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার কত? সালফেটে এবং অক্সাইডে মৌলটির যোজ্যতা একই থাকিলে অক্সাইডে মৌলটির শতকরা পরিমাণ কত? [I. I. T. 1965] (উঃ। 35·04, 20%)

59. ভিক্টর মেয়ার পরীক্ষায় একটি উদ্বায়ী যৌগের 0·243 গ্রাম 23°C উষ্ণতায় 745 মিমি. চাপে 35 সি. সি. বায়ু অপসারিত করিলে যৌগটির আণবিক ওজন কত হইবে? 23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 25 মিমি.। (উঃ। 180·42)

60. ভিক্টর মেয়ারের পরীক্ষায় 16·5°C উষ্ণতায় 707·5 মিমি. চাপে 27·32 মিলি. আর্দ্র বায়ু পাওয়া গেল। পরীক্ষায় ব্যবহৃত উদ্বায়ী যৌগটির পরিমাণ 1·008 গ্রাম। যৌগটির বাষ্প-ঘনত্ব এবং আণবিক ওজন নির্ণয় কর। 16·5°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 13·5 মিমি.। (উঃ। 45·45, 90·90)

61. 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করার পর 0·6842 গ্রাম ধাতব কপার উৎপন্ন হইল। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[I. I. T. 1961] (উঃ। 31·74)

62. 1·62 গ্রাম ধাতব জিঙ্ককে HNO_3-তে দ্রবীভূত করার পর উৎপন্ন জিঙ্ক নাইট্রেট লবণকে পৃথক করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করায় 2·02 গ্রাম জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া গেল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [I. I. T. 1961]। (উঃ। 32·4)

63. একটি ধাতব অক্সাইডের 6·500 গ্রামকে উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করায় 6·251 গ্রাম ধাতু পাওয়া গেল। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·0332 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন কত হইবে? [I. I. T. 1969] (উঃ। 200·4)

64. একটি মৌলের আপেক্ষিক তাপ 0·03। মৌলটির 25·9 গ্রাম 4 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে। মৌলটির পারমাণবিক ওজন কত?

[I. I. T. 1966] (উঃ। 27·2)

65. একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডের একটিতে 50·91% ধাতু এবং অপরটিতে 46·37% ধাতু আছে। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[I. I. T. 1965] (উঃ। 184)

66. সমপরিমাণ ধাতু 0·200 গ্রাম অক্সিজেন এবং 3·17 গ্রাম একটি হ্যালোজেনের সহিত পৃথকভাবে যুক্ত হইতে পারে। হ্যালোজেনটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উঃ। 127)

67. ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5। কপারের পারমাণবিক ওজন 63·5। কপার ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার 99·5। কপার ক্লোরাইডের সঙ্কেত নির্ণয় কর।

(উঃ। CuCl)

——

৬

অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ

[ACID, BASE, AND SALT]

[**Syllabus** : Acid, bases and salts. Arrhenius concept of acids and bases. Different types of oxides, oxyacids, hydroxides and hydracids. Hydrolysis of salts. Equivalent weights of acids, bases and salts. Standard solutions : normal (and formal) and molar solutions. Neutralisation, acid-base indicator. Chemical calculation on acidimetry and alkalimetry.]

সহজ ও সুষ্ঠুভাবে পর্যালোচনার জন্য বিজ্ঞানের সকল শাখাতেই একই সাধারণ বৈশিষ্ট্যযুক্ত অনেকগুলি বস্তুকে একটি শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত করিয়া বিচার করা হয়। রসায়নবিজ্ঞানে একই সাধারণ বৈশিষ্ট্যযুক্ত অনেকগুলি পদার্থের সমবায়ে গঠিত এইরূপ কয়েকটি শ্রেণীর নাম : অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণ।

অ্যাসিড : বহুকাল হইতেই বিজ্ঞানীরা লক্ষ্য করিয়া আসিতেছেন যে, কতগুলি পদার্থের সাধারণ বৈশিষ্ট্য হইল, উহারা স্বাদে অম্ল, জলীয় দ্রবণে উত্তম তড়িৎ-পরিবাহী, নীল লিটমাসকে লাল করে, অনেকগুলি ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও হাইড্রোজেন এবং ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে এবং তাই উহাদের একশ্রেণীভুক্ত করিয়া নাম দেন অ্যাসিড বা অম্ল। অ্যাসিডের পুরাতন প্রচলিত সংজ্ঞা : **অ্যাসিড বলিতে সেই সব হাইড্রোজেন-ঘটিত যৌগকে বুঝায়, যাহাদের মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেন সম্পূর্ণভাবে অথবা আংশিকভাবে ধাতু অথবা ধাতুগুণ-সম্পন্ন যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ উৎপন্ন হয়।** যথা, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ইত্যাদি।

Fe	+	2HCl	=	$FeCl_2$	+	H_2
আয়রন (ধাতু)		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ফেরাস ক্লোরাইড (লবণ)		হাইড্রোজেন
Zn	+	H_2SO_4 (লঘু)	=	$ZnSO_4$	+	H_2
জিঙ্ক (ধাতু)		সালফিউরিক অ্যাসিড		জিঙ্ক সালফেট (লবণ)		হাইড্রোজেন
Mg	+	$2HNO_3$	=	$Mg(NO_3)_2$	+	H_2
ম্যাগনেসিয়াম (ধাতু)		নাইট্রিক অ্যাসিড		ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট (লবণ)		হাইড্রোজেন

অ্যাসিডের উপরি-উক্ত সংজ্ঞায় বিশেষ লক্ষণীয় এই যে, সকল অ্যাসিডের মধ্যেই প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে। কিন্তু তাহার অর্থ এই নয় যে, প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকিলেই যৌগটি অ্যাসিড হইবে। অ্যাসিড হইতে

হইলে যৌগটির প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনকে অবশ্যই ধাতু বা ধাতুগুণসম্পন্নমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হইতে হইবে এবং প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ফলে অবশ্যই লবণ উৎপন্ন হইবে। মিথেনের (CH_4) হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় নয় বলিয়া কিংবা জলের (H_2O) হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে লবণ উৎপন্ন হয় না বলিয়া উহারা অ্যাসিড নহে।

অ্যাসিডের বিকল্প সংজ্ঞা : কিন্তু উপরি-উক্ত সংজ্ঞা ব্যতীত অ্যাসিডের একটি বিকল্প সংজ্ঞাও আছে। এই বিকল্প সংজ্ঞা অনুযায়ী **যে-যৌগ ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাই অ্যাসিড।**

এই বিকল্প সংজ্ঞার পরিধি প্রথম সংজ্ঞা অপেক্ষা অনেক বেশি ব্যাপক। কারণ পার-অ্যাসিড জাতীয় তীব্র জারণধর্মী অনেক অ্যাসিড ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রথম সংজ্ঞার শর্তানুযায়ী হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে না পারিলেও (উৎপন্ন হাইড্রোজেন অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া জলে পরিণত হয়) ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বিকল্প সংজ্ঞার শর্তানুযায়ী জল এবং লবণ উৎপন্ন করে।

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$
(ক্ষারক) (অ্যাসিড) (লবণ) (জল)

$$H_2S_2O_8 + 2NaOH = Na_2S_2O_8 + 2H_2O$$
পারসালফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (ক্ষারক) সোডিয়াম পারসালফেট (লবণ) জল

$$HMnO_4 + KOH = KMnO_4 + H_2O$$
পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিড পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (ক্ষারক) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (লবণ) জল

অ্যাসিডের আয়নীয় সংজ্ঞা : উপরি-উক্ত দুইটি সংজ্ঞা ব্যতীত আরেনিয়াসের আয়নবাদ অনুযায়ী অ্যাসিডের একটি আয়নীয় সংজ্ঞাও বহুল প্রচলিত। আয়নীয় সংজ্ঞা অনুসারে যে যৌগ জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্যাটায়ন (অর্থাৎ পরাতড়িৎবাহী আয়ন) হিসাবে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে, তাহাকে অ্যাসিড বলে।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- \; ; \; HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

অবশ্য হাইড্রোজেন আয়ন H^+ বা প্রোটন জলীয় দ্রবণে মুক্ত অবস্থায় থাকে না। প্রত্যেক প্রোটন এক একটি জলের অণুর সহিত অক্সিজেনে উপস্থিত একজোড়া ইলেকট্রনের সাহায্যে অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া হাইড্রক্সোনিয়াম (বা সংক্ষেপে অক্সোনিয়াম বা হাইড্রোনিয়াম) আয়ন (H_3O^+) উৎপন্ন করে।

$$H_2O + H^+ = H_2O \rightarrow H^+$$

সুতরাং অ্যাসিডের এই তিনটি প্রচলিত সংজ্ঞাকে একত্রিত করিয়া বলা যায় যে, **হাইড্রোজেন-ঘটিত যে-যৌগ হইতে উপস্থিত হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণভাবে অথবা আংশিকভাবে ধাতু অথবা ধাতুগুণসম্পন্নমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ পাওয়া যায়, যাহা ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া**

করিয়া লবণ ও জলে পরিণত হয় এবং জলীয় দ্রবণে ক্যাটায়ন হিসাবে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে, তাহাকে অ্যাসিড বলে। জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড উত্তম তড়িৎ-পরিবাহী এবং খুব দুর্বল না হইলে স্বাদে অম্ল এবং নীল লিটমাসকে লাল করে।

আবার অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত যৌগগুলিকে সংযুতি, তীব্রতা, ক্ষারগ্রাহিতা ইত্যাদির ভিত্তিতে কতগুলি উপশ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। যেমন—হাইড্র্যাসিড ও অক্সি-অ্যাসিড; জৈব অ্যাসিড ও খনিজ অ্যাসিড, তীব্র অ্যাসিড ও দুর্বল অ্যাসিড অথবা একক্ষারিক, দ্বিক্ষারিক ও বহুক্ষারিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

অ্যাসিডের সংযুতিভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ: (ক) হাইড্র্যাসিড ও (খ) অক্সি-অ্যাসিড।

(ক) হাইড্র্যাসিড: যে-অ্যাসিডের মধ্যে অক্সিজেন ব্যতীত এক বা একাধিক অধাতব মৌল অথবা যৌগমূলক হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান তাহাকে হাইড্র্যাসিড বলে। এইসব অ্যাসিডের নামের প্রথমে 'হাইড্রো' এবং শেষে 'ইক' শব্দাংশ থাকে। যথা—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr), হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড (HI), হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড (HF), হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN), হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড (H_2SiF_6) ইত্যাদি।

(খ) অক্সি-অ্যাসিড: যে-অ্যাসিডের মধ্যে অক্সিজেন এবং অন্য একটি অধাতব বা ধাতব মৌল বা যৌগমূলক হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান তাহাকে অক্সি-অ্যাসিড বলে। যথা—সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), বোরিক অ্যাসিড (H_3BO_3), পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিড ($HMnO_4$) ইত্যাদি।

অক্সি-অ্যাসিডের মধ্যে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন ব্যতীত যে-মৌলটি উপস্থিত থাকে তাহার নামানুসারেই অক্সি-অ্যাসিডের নামকরণ করা হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মৌলটির পরিবর্তনশীল যোজ্যতা থাকে এবং সেজন্য একাধিক অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যে অক্সি-অ্যাসিডের মধ্যে মৌলটির উচ্চতর যোজ্যতা পরিলক্ষিত হয় অর্থাৎ যাহার মধ্যে উপস্থিত অক্সিজেনের আনুপাতিক হার বেশি, তাহার নামের শেষাংশে 'ইক' শব্দাংশ এবং যে-অক্সি-অ্যাসিডের মধ্যে মৌলটির নিম্নতর যোজ্যতা পরিলক্ষিত হয় অর্থাৎ উপস্থিত অক্সিজেনের আনুপাতিক হার কম, তাহার নামের শেষাংশে 'আস' শব্দাংশ যোগ করাই নামকরণের রীতি। কিন্তু যদি মৌলটি দুইয়ের অধিক অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করে তাহা হইলে যে-অক্সি-অ্যাসিডে উপস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত 'আস' অ্যাসিড অপেক্ষাও কম, তাহার নামের শেষে 'আস' শব্দাংশ রাখিয়া নামের পূর্বে 'হাইপো' (Hypo=নিম্ন) এবং যে-অক্সি-অ্যাসিডে উপস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত 'ইক' অ্যাসিড অপেক্ষাও বেশি তাহার নামের

শেষে 'ইক' শব্দাংশ রাখিয়া নামের পূর্বে 'পার' (Per=উচ্চ) শব্দাংশ যোগ করা হয়।

মৌল	অক্সি-অ্যাসিড			
	হাইপো—আস	—আস	—ইক	পার—ইক
ক্লোরিন	হাইপোক্লোরাস	ক্লোরাস	ক্লোরিক	পারক্লোরিক
	$HClO$	$HClO_2$	$HClO_3$	$HClO_4$
ব্রোমিন	হাইপোব্রোমাস	ব্রোমাস	ব্রোমিক	পারব্রোমিক
	$HBrO$	$HBrO_2$	$HBrO_3$	$HBrO_4$
আয়োডিন	হাইপো-আয়োডাস	আয়োডাস	আয়োডিক	পার-আয়োডিক
	HIO	HIO_2	HIO_3	HIO_4
নাইট্রোজেন	হাইপোনাইট্রাস	নাইট্রাস	নাইট্রিক	—
	$H_2N_2O_2$	HNO_2	HNO_3	
সালফার	হাইপোসালফিউরাস	সালফিউরাস	সালফিউরিক	পার-সালফিউরিক
	$H_2S_2O_4$	H_2SO_3	H_2SO_4	$H_2S_2O_8$
ফস্‌ফরাস	হাইপোফস্‌ফরাস	ফস্‌ফরাস	ফস্‌ফোরিক	—
	H_3PO_2	H_3PO_3	H_3PO_4	

কিন্তু মৌলের একই যোজ্যতার ফলে সৃষ্ট অক্সি-অ্যাসিডের সংখ্যা একাধিকও হইতে পারে। কোনও কোনও মৌলের একটি অক্সাইড বিভিন্ন তাপমাত্রায় ও অন্যান্য শর্তে বিভিন্ন সংখ্যক জলের অণুর সহিত যুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন ক্ষারগ্রাহিতা-সম্পন্ন অ্যাসিড উৎপন্ন করে। যেমন,

$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$ (মেটাফস্ফোরিক অ্যাসিড)

$P_2O_5 + 2H_2O = H_4P_2O_7$ (পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড)

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (অর্থোফস্‌ফোরিক অ্যাসিড)

বোরন ও সিলিকনের অদ্রাব্য অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া না করিলেও, পরোক্ষ উপায়ে উহাদের ক্ষেত্রেও একইরূপ ভিন্ন ভিন্ন ক্ষারগ্রাহিতাসম্পন্ন অক্সি-অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। বোরনের ক্ষেত্রে এইরূপ দুইটি বোরিক অ্যাসিড: H_3BO_3 (অর্থোবোরিক অ্যাসিড) ও HBO_2 (মেটাবোরিক অ্যাসিড) এবং সিলিকনের ক্ষেত্রেও দুইটি সিলিসিক অ্যাসিড: H_4SiO_4 (অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড) ও H_2SiO_3 (মেটাসিলিসিক অ্যাসিড) দেখিতে পাওয়া যায়। নামকরণের সময়, যে অক্সি-অ্যাসিডে অক্সাইডের সহিত সর্বোচ্চ অনুপাতে জল সংযুক্ত থাকে, তাহাকে অর্থো-অ্যাসিড এবং যে অক্সি-অ্যাসিডে অক্সাইডের সহিত সর্বনিম্ন অনুপাতে জল সংযুক্ত থাকে, তাহাকে মেটা-অ্যাসিড আখ্যা দেওয়া হয়।

অ্যাসিডের উৎসভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ: (ক) জৈব অ্যাসিড (খ) খনিজ অ্যাসিড।

(ক) জৈব অ্যাসিড : উদ্ভিদ ও প্রাণীর বিভিন্ন জৈবিক ক্রিয়ার সহিত জড়িত অথবা ঐসব জৈবিক ক্রিয়া হইতে উদ্ভূত অসংখ্য কার্বনঘটিত অ্যাসিডের সাক্ষাৎ পাওয়া যায়। ঐসব অ্যাসিডের মধ্যে কতগুলি সাধারণ বৈশিষ্ট্য থাকায়, কার্বনঘটিত সমস্ত অ্যাসিডগুলিকে একত্রিত করিয়া জৈব অ্যাসিড নামে একটি স্বতন্ত্র শ্রেণীর মধ্যে সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে।

যথা—ফরমিক অ্যাসিড ($HCOOH$), অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), স্টিয়ারিক অ্যাসিড ($C_{17}H_{35}COOH$), বেঞ্জোইক অ্যাসিড (C_6H_5COOH) ইত্যাদি।

(খ) খনিজ অ্যাসিড : খনিজ পদার্থ হইতে প্রস্তুত হয় বলিয়া ইহাদের খনিজ অ্যাসিড বলা হয়। যেমন, সাধারণ লবণ হইতে পাওয়া যায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, শোরা হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফার হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

অ্যাসিডের তীব্রতাভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ : (ক) তীব্র অ্যাসিড (খ) দুর্বল বা মৃদু অ্যাসিড। অ্যাসিডের আয়নীয় সংজ্ঞা হইতে জানা যায় যে, অ্যাসিডমাত্রই জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে। কিন্তু সব অ্যাসিডের আয়নিত হইবার ক্ষমতা বা আয়নিত হইবার মাত্রা (degree of ionisation) সমান নয়। যে-সব অ্যাসিডের আয়নিত হইবার ক্ষমতা খুব বেশি তাহারা জলীয় দ্রবণে অধিকসংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে এবং তীব্র অ্যাসিড বলিয়া পরিগণিত হয়। হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত হয় এবং তাই তাহারা তীব্র অ্যাসিড বলিয়া পরিগণিত। অপরদিকে যে-সব অ্যাসিডের আয়নিত হইবার ক্ষমতা কম তাহারা জলীয় দ্রবণে কমসংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে এবং দুর্বল অ্যাসিড হিসাবে পরিগণিত হয়। কার্বনিক, বোরিক, হাইড্রোসায়ানিক অথবা অ্যাসেটিক অ্যাসিড দুর্বল অ্যাসিডের উদাহরণ।

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতাভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ : (ক) একক্ষারিক, (খ) দ্বিক্ষারিক ও (গ) বহুক্ষারিক অ্যাসিড।

ক্ষারগ্রাহিতা : অ্যাসিডের প্রতি অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় (ধাতু দ্বারা) হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাকে অথবা আয়নবাদ অনুযায়ী একটি অ্যাসিড অণু জলীয় দ্রবণে যতগুলি হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে তাহার সংখ্যাকে অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলে।

তাই হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রতি অণুতে একটি করিয়া প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকায় এবং তাহারা জলে দ্রবীভূত হইয়া অণু-পিছু একটি করিয়া হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করায়, উহাদের একক্ষারিক অ্যাসিড বলে। $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$; $HNO_3 = H^+ + NO_3^-$ ।

কিন্তু সালফিউরিক অথবা ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের প্রতি অণুতে যথাক্রমে দুইটি এবং তিনটি করিয়া প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে এবং উহারা জলীয়

দ্রবণে অণুপিছু যথাক্রমে দুইটি ও তিনটি করিয়া হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে। তাই সালফিউরিক অ্যাসিডকে দ্বিক্ষারিক এবং ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডকে ত্রিক্ষারিক বা বহুক্ষারিক অ্যাসিড বলে। (ক্ষারগ্রাহিতা 2-এর বেশি হইলে অ্যাসিডকে ত্রিক্ষারিক, চতুক্ষারিক ইত্যাদি ভিন্ন ভিন্ন বিশেষণে ভূষিত না করিয়া অনেক সময় একত্রিতভাবে বহুক্ষারিক আখ্যা দেওয়া হয়।)

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=} \;;\; H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4^{\equiv}$$

যে-সব অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা একের অধিক, তাহারা তাহাদের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের সম্পূর্ণ বা আংশিক প্রতিস্থাপন দ্বারা একাধিক সারির লবণ উৎপন্ন করিতে পারে। প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের আংশিক প্রতিস্থাপন দ্বারা গঠিত লবণকে **অ্যাসিড লবণ** এবং সম্পূর্ণ প্রতিস্থাপন দ্বারা গঠিত লবণকে **প্রশম লবণ** বলে।

অ্যাসিড অণুতে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা সর্বদা অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতার দ্যোতক নয়। হাইপোফস্‌ফরাস অ্যাসিডের (H_3PO_2), ফস্‌ফরাস্ অ্যাসিডের (H_3PO_3) অথবা অ্যাসেটিক অ্যাসিডের (CH_3COOH) এক একটি অণুতে যথাক্রমে 3টি, 3টি ও 4টি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিলেও উহাদের ক্ষারগ্রাহিতা যথাক্রমে 1, 2 এবং 1।

ক্ষারক (Base)

ক্ষারকের প্রচলিত সংজ্ঞা: ধাতব অথবা ধাতুগুণসম্পন্ন যৌগমূলকের যে-সব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাদের ক্ষারক বলে। ক্ষারকের ধর্ম অ্যাসিডের বিপরীত। তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়াকে প্রশমন (neutralisation) বলে। ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO), ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO), সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH), অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH), কপার হাইড্রক্সাইড [$Cu(OH)_2$] ইত্যাদি ক্ষারকের উদাহরণ।

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{CaO} + \underset{\text{অ্যাসিড}}{2HNO_3} = \underset{\text{লবণ}}{Ca(NO_3)_2} + \underset{\text{জল}}{H_2O} \;;\; \underset{\text{ক্ষারক}}{MgO} + \underset{\text{অ্যাসিড}}{H_2SO_4} = \underset{\text{লবণ}}{MgSO_4} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{NaOH} + \underset{\text{অ্যাসিড}}{HCl} = \underset{\text{লবণ}}{NaCl} + \underset{\text{জল}}{H_2O} \;;\; \underset{\text{ক্ষারক}}{NH_4OH} + \underset{\text{অ্যাসিড}}{HNO_3} = \underset{\text{লবণ}}{NH_4NO_3} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{Cu(OH)_2} + \underset{\text{অ্যাসিড}}{H_2SO_4} = \underset{\text{লবণ}}{CuSO_4} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

ক্ষার বা অ্যালক্যালি (Alkali): যে-সব ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইড জলে দ্রাব্য, তাহাদের ক্ষার অর্থাৎ তীব্র ক্ষারক বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH), পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (KOH) ইত্যাদি। সুতরাং প্রচলিত সংজ্ঞানুযায়ী সব ক্ষারই ক্ষারক কিন্তু সব ক্ষারকই ক্ষার নহে। ক্ষার হইতে হইলে ক্ষারককে অবশ্যই হাইড্রক্সাইড চরিত্রের এবং জলে দ্রাব্য হইতে হইবে। তাই ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড হাইড্রক্সাইড নহে বলিয়া অথবা জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড জলে

দ্রাব্য নহে বলিয়া ক্ষারক হইলেও ক্ষার নহে। ক্ষার লাল লিটমাস দ্রবণকে নীল করে, উহাদের জলীয় দ্রবণ সাবান জলের মত পিচ্ছিল এবং তড়িতের সুপরিবাহী।

ক্ষারকের আয়নীয় সংজ্ঞা ঃ আয়নবাদ অনুযায়ী যে-যৌগ জলে দ্রবীভূত হইলে অ্যানায়ন অর্থাৎ অপরাতড়িৎবাহী আয়ন হিসাবে শুধুমাত্র হাইড্রক্সাইড বা হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) উৎপন্ন করে তাহাকে ক্ষারক বলে। যে-সব ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইডকে জলে অদ্রাব্য অনুমান করা হয় তাহারাও সামান্য পরিমাণে জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রক্সাইড বা হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে এবং জলে দৃশ্যত অদ্রাব্য ক্ষারকীয় অক্সাইডগুলিও জলের সহিত সামান্য পরিমাণে বিক্রিয়া করিয়া দ্রবণীয় ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রক্সিল আয়নে পরিণত হয়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত হইয়া বিপুল সংখ্যক হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে এবং তাই উহাদের তীব্র ক্ষারক বলে। কিন্তু যে-সব ক্ষারক জলীয় দ্রবণে সামান্য সংখ্যক হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে তাহারা দুর্বল ক্ষারক হিসাবে পরিগণিত হয়।

ক্ষারক যখন অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে তখন মূলত অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়ন ক্ষারকের হাইড্রক্সিল আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া জলে পরিণত হয়। সুতরাং সব প্রশমন বিক্রিয়ারই অর্থ $H^+ + OH^- = H_2O$।

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ (*i*) অ্যামোনিয়া (NH_3) জাতীয় কয়েকটি যৌগ অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ উৎপন্ন করে, কিন্তু সঙ্গে কোনও জলের অণু উৎপন্ন হয় না। তাই সংজ্ঞানুযায়ী ইহারা ক্ষারক না হইলেও অনেক সময় ইহাদের ক্ষারক বলিয়া উল্লেখ করা হয়। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$ (লবণ)। অবশ্য NH_4OH সত্যসত্যই ক্ষারক, কেননা ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। এমন কি উহা জলে দ্রবণীয় বলিয়া দুর্বল ক্ষার হিসাবেও গণ্য হয়। $NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$।

(ii) কতকগুলি ধাতব হাইড্রক্সাইডের অ্যাসিড এবং ক্ষার উভয়বিধ যৌগের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল গঠন করিবার ক্ষমতা বর্তমান এবং তাই ইহাদের উভধর্মী হাইড্রক্সাইড বলে। যেমন,

$Zn(OH)_2$, $Sn(OH)_2$ $Al(OH)_3$ ইত্যাদি।

$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2$ (জিঙ্ক ক্লোরাইড) $+ 2H_2O$

$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+ 2H_2O$

$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3$ (অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড) $+ 3H_2O$

$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2$ (সোডিয়াম অ্যালুমিনেট) $+ 2H_2O$

ক্ষারকগুলিকেও তাহাদের অম্লগ্রাহিতার (acidity) ভিত্তিতে শ্রেণীবিভক্ত করা যায়।

অম্লগ্রাহিতার ভিত্তিতে ক্ষারকের শ্রেণীবিভাগ :

অম্লগ্রাহিতা : ক্ষারক-কর্তৃক অ্যাসিড প্রশমিত করার ক্ষমতাকে উহার অম্লগ্রাহিতা বলে। ক্ষারকের প্রতি অনুতে যত সংখ্যক হাইড্রক্সিল অর্থাৎ (OH) মূলক বর্তমান থাকে অথবা উহা (অক্সাইড চরিত্রের হইলে) জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যতসংখ্যক হাইড্রক্সিল মূলক উৎপন্ন করিতে পারে, সেই সংখ্যাই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা সূচিত করে। যে-সব ক্ষারকের এক অণু হইতে একটিমাত্র হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন হয় তাহাদের এক-আম্লিক ক্ষারক, যাহাদের এক অণু হইতে দুইটি হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন হয় তাহাদের দ্বি-আম্লিক ক্ষারক এবং যাহাদের এক অণু হইতে দুইয়ের অধিক হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন হয় তাহাদের বহু-আম্লিক ক্ষারক বলে। যেমন, NaOH এক-আম্লিক, $Ba(OH)_2$ দ্বি-আম্লিক এবং $Al(OH)_3$ ত্রি-আম্লিক বা বহু-আম্লিক ক্ষারক। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতার মত ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতার ক্ষেত্রেও অম্লগ্রাহিতা দুইয়ের অধিক হইলে ত্রি-আম্লিক, চতুঃ-আম্লিক ইত্যাদি স্বতন্ত্রভাবে না বলিয়া বহু-আম্লিক বলা চলে। অনুরূপভাবে অক্সাইডের ক্ষেত্রে CaO বা Na_2O জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অণু পিছু দুইটি করিয়া হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে বলিয়া উহারা দ্বি-আম্লিক ক্ষারক।

$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$; $Na_2O+H_2O=2NaOH$ ।

যে-সব হাইড্রক্সাইড জাতীয় ক্ষারক জলে প্রায় অদ্রাব্য এবং যে-সব অক্সাইড জাতীয় ক্ষারক জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দৃশ্যত কোনও হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে না, তাহাদের ক্ষেত্রে এক অণু ক্ষারককে প্রশমিত করিতে যত সংখ্যক এক ক্ষারিক অ্যাসিড অণুর প্রয়োজন হয় সেই সংখ্যা দ্বারাও ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা পরিমাপ করা যায়।

লবণ

সংজ্ঞা : **অ্যাসিডে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুগুণ-বিশিষ্ট যৌগমূলকের দ্বারা সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে প্রতিস্থাপিত হইয়া যে-যৌগ উৎপন্ন করে তাহাকে লবণ বলে।** বস্তুত, এই সংজ্ঞা অ্যাসিডের পুরাতন প্রচলিত সংজ্ঞার মধ্যেই নিহিত আছে। অনুরূপভাবে অ্যাসিডের বিকল্প সংজ্ঞার মধ্যে নিহিত আছে লবণের একটি বিকল্প সংজ্ঞা।

বিকল্প সংজ্ঞা : **ক্ষারক ও অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়াকালে জলের সহিত অন্য যে-যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে লবণ বলে।** এগুলি ছাড়াও লবণের একটি আয়নীয় সংজ্ঞাও আছে।

আয়নীয় সংজ্ঞা : **যে-যৌগ জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্যাটায়ন (পরা-তড়িৎবাহী আয়ন) হিসাবে হাইড্রোজেন আয়ন ব্যতীত অন্য কোনও আয়ন এবং অ্যানায়ন হিসাবে (অপরাতড়িৎবাহী আয়ন) হাইড্রক্সিল আয়ন ব্যতীত অন্য কোনও আয়ন উৎপন্ন করিতে পারে তাহাকে লবণ বলে।** অবশ্য ইহার অর্থ এই নয় যে, লবণ আয়নিত হইলে কোনও

ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন আয়ন বা হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন হয় না। আমরা পরে দেখিব যে অ্যাসিড লবণ আয়নিত হইয়া অন্য একটি ক্যাটায়নের সঙ্গে হাইড্রোজেন আয়ন এবং ক্ষারকীয় লবণ আয়নিত হইয়া অন্য একটি অ্যানায়নের সঙ্গে হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্নও করিতে পারে।

$NaCl$, $KHSO_4$, K_2SO_4, NH_4NO_3, $MgSO_4$ ইত্যাদি কতগুলি বহুল ব্যবহৃত লবণ। প্রথম সংজ্ঞানুযায়ী HCl অ্যাসিডের মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেন সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত হইয়া $NaCl$ লবণ, H_2SO_4 অ্যাসিডে উপস্থিত দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর আংশিক প্রতিস্থাপন দ্বারা $KHSO_4$ লবণ এবং সম্পূর্ণ প্রতিস্থাপন দ্বারা K_2SO_4 লবণ উৎপন্ন হইয়াছে।

আবার যেহেতু $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$; $KOH + H_2SO_4 = KHSO_4 + H_2O$ এবং $2KOH + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2H_2O$ অর্থাৎ প্রতি-ক্ষেত্রেই আলোচ্য যৌগগুলি অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ার ফলে জলের সহিত উৎপন্ন হইয়াছে, তাই দ্বিতীয় সংজ্ঞানুযায়ীও ইহারা লবণ শ্রেণীভুক্ত। এতদ্‌ব্যতীত এই যৌগগুলি জলীয় দ্রবণে নিম্নলিখিতভাবে আয়নিত হয়। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; $KHSO_4 \rightleftharpoons K^+ + H^+ + SO_4^{=}$; $K_2SO_4 = 2K^+ + SO_4^{=}$। যেহেতু আয়নিত হইবার ফলে প্রতিক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন আয়ন ব্যতীত অন্য ক্যাটায়ন এবং হাইড্রক্সিল আয়ন ব্যতীত অন্য অ্যানায়ন উৎপন্ন হইয়াছে, তাই উহারা লবণের আয়নীয় সংজ্ঞানুযায়ী লবণ শ্রেণীভুক্ত।

উপরি-উক্ত সংজ্ঞাগুলি ব্যতীত লবণের অন্য একটি সংজ্ঞাও মধ্যে মধ্যে ব্যবহৃত হয়। এই সংজ্ঞানুযায়ী কোনও অ্যাসিডমূলক দ্বারা ক্ষারকে উপস্থিত অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডমূলক সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে প্রতিস্থাপিত হইলে লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন, NaCl-এর ক্ষেত্রে NaOH ক্ষারকে উপস্থিত (OH) মূলক ক্লোরাইড (Cl) অ্যাসিডমূলক দ্বারা সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ উৎপন্ন করিয়াছে ইত্যাদি। লবণ দ্রবণ তড়িতের সুপরিবাহী, কিন্তু এমন কোনও সাধারণ আয়ন নাই যাহা সব লবণের দ্রবণেই উপস্থিত থাকে।

লবণের নামকরণ : লবণের নামকরণের ক্ষেত্রে কতগুলি রীতি অনুসৃত হয়। যেহেতু ক্ষারক ও অ্যাসিড বিক্রিয়া করিয়া লবণ উৎপন্ন করে তাই লবণের মধ্যে সর্বদা দুইটি অংশ দেখিতে পাওয়া যায় ; একটি অংশ ক্ষারক হইতে এবং অপর একটি অংশ অ্যাসিড হইতে সংগৃহীত। ক্ষারক হইতে সংগৃহীত অংশকে ধাতব বা ক্ষারকীয় মূলক এবং অ্যাসিড হইতে সংগৃহীত অংশকে অ্যাসিডমূলক বলে। লবণের নামকরণের সময় নামের প্রথমাংশে ক্ষারকীয় মূলকের নাম এবং শেষাংশে অ্যাসিডমূলকের নাম ব্যবহার করা হয়। ক্ষারকীয় মূলকের নামের ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট ধাতু বা ধাতুগুণসম্পন্ন যৌগমূলকের নাম অপরিবর্তিত অবস্থায় ব্যবহার করা হইলেও অ্যাসিডমূলকের ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট অ্যাসিডের নামকে সামান্য পরিবর্তিত করা হয়। হাইড্রাসিডের ক্ষেত্রে উহার নামের প্রথমাংশ হইতে

'হাইড্রো' শব্দাংশ বর্জন করিয়া এবং শেষাংশের -'ইক' (-ic) শব্দাংশকে -'আইড' (-ide)-এ পরিবর্তিত করিয়া অ্যাসিড-মূলকের নাম গঠন করা হয়। অক্সি-অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অ্যাসিডের নামের শেষাংশে -'আস' (-ous) থাকিলে উহাকে -'আইট' (-ite)-এ পরিবর্তিত করিয়া এবং শেষাংশে -'ইক' (-ic) থাকিলে উহাকে -'য়েট' (-ate)-এ পরিবর্তিত করিয়া সংশ্লিষ্ট অ্যাসিড-মূলকের নাম প্রকাশ করা হয়। নিম্নের উদাহরণগুলি হইতে লবণের নামকরণের পদ্ধতি সম্পর্কে পরিষ্কার ধারণা গড়িয়া উঠিবে।

লবণের সঙ্কেত	ক্ষারকীয় মূলকের নাম	অ্যাসিডমূলকের নাম	লবণের নাম	সংশ্লিষ্ট অ্যাসিডের নাম
$NaCl$	সোডিয়াম	ক্লোরাইড	সোডিয়াম ক্লোরাইড	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড
KI	পটাসিয়াম	আয়োডাইড	পটাসিয়াম আয়োডাইড	হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড
NH_4CN	অ্যামোনিয়াম	সায়ানাইড	অ্যামোনিয়াম সায়ানাইড	হাইড্রো-সায়ানিক অ্যাসিড
CaS	ক্যালসিয়াম	সালফাইড	ক্যালসিয়াম সালফাইড	হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড
Na_2SO_3	সোডিয়াম	সালফাইট	সোডিয়াম সালফাইট	সালফিউরাস অ্যাসিড
KNO_2	পটাসিয়াম	নাইট্রাইট	পটাসিয়াম নাইট্রাইট	নাইট্রাস অ্যাসিড
$Ba(ClO_2)_2$	বেরিয়াম	ক্লোরাইট	বেরিয়াম ক্লোরাইট	ক্লোরাস অ্যাসিড
$NaOCl$	সোডিয়াম	হাইপোক্লোরাইট	সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট	হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড
$ZnSO_4$	জিঙ্ক	সালফেট	জিঙ্ক সালফেট	সালফিউরিক অ্যাসিড
$Pb(NO_3)_2$	লেড	নাইট্রেট	লেড নাইট্রেট	নাইট্রিক অ্যাসিড
$Ca_3(PO_4)_2$	ক্যালসিয়াম	ফস্ফেট	ক্যালসিয়াম ফসফেট	ফসফোরিক অ্যাসিড
$KClO_3$	পটাসিয়াম	ক্লোরেট	পটাসিয়াম ক্লোরেট	ক্লোরিক অ্যাসিড
$NaClO_4$	সোডিয়াম	পারক্লোরেট	সোডিয়াম পারক্লোরেট	পারক্লোরিক অ্যাসিড
KIO_4	পটাসিয়াম	পার-আয়োডেট	পটাসিয়াম পার-আয়োডেট	পার-আয়োডিক অ্যাসিড

লবণের শ্রেণীবিভাগ : সংযুতিগত কারণে লবণকে তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়, (ক) সরল লবণ (simple salt), (খ) যুগ্ম লবণ (double salt) ও (গ) জটিল লবণ (complex salt)। **(ক)** সরল লবণকে আবার প্রশমন ক্ষমতার

ভিত্তিতে তিনটি বিভাগে ভাগ করা হইয়াছে : (i) শমিত লবণ (Normal salt), (ii) অ্যাসিড লবণ অথবা বাই-লবণ (Acid salt or bi-salt) এবং (iii) ক্ষারকীয় লবণ (Basic salt)।

(i) শমিত লবণ (Normal salt) : অ্যাসিডের একটি অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির সবকয়টি ধাতব অথবা ধাতুগুণসম্পন্ন যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে-লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে **শমিত লবণ** বলে। আর্দ্রবিশ্লেষিত না হইলে ইহাদের জলীয় দ্রবণ প্রশম এবং লিটমাসের উপর কোনওরূপ ক্রিয়া করে না। যেমন,

অ্যাসিড	প্রতিস্থাপনীয় H-এর সংখ্যা	শমিত লবণ
HCl	1	$NaCl$, $MgCl_2$, NH_4Cl, $AlCl_3$
HNO_3	1	KNO_3, $Ca(NO_3)_2$, $Zn(NO_3)_2$
H_2SO_4	2	Na_2SO_4, K_2SO_4, $FeSO_4$
H_3PO_4	3	Na_3PO_4, $Mg(NH_4)PO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$

(ii) অ্যাসিড লবণ বা বাই-লবণ (Acid salt or bi-salt) : দ্বিক্ষারিক অথবা বহুক্ষারিক অ্যাসিডের এক অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি আংশিকভাবে কোনও ধাতব অথবা ধাতুগুণসম্পন্ন যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে-লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে অ্যাসিড লবণ বা বাই-লবণ বলে।

এই লবণগুলির অণুর মধ্যে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান থাকায় সাধারণত (অতি দুর্বল অ্যাসিডের লবণ না হইলে) ইহারা জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করিতে এবং অ্যাসিড ধর্ম প্রদর্শন করিতে পারে। যেমন,

$NaHSO_4 \rightleftharpoons Na^+ + H^+ + SO_4^=$

অ্যাসিড	প্রতিস্থাপনীয় H-এর সংখ্যা	অ্যাসিড লবণ
H_2SO_4	2	$NaHSO_4$, $KHSO_4$, $Mg(HSO_4)_2$
H_3PO_4	3	NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, $Ca(H_2PO_4)_2$
H_2CO_3	2	$NaHCO_3$, NH_4HCO_3, $Fe(HCO_3)_2$
H_2SO_3	2	$KHSO_3$, $Mg(HSO_3)_2$, $Ca(HSO_3)_2$

(iii) **ক্ষারকীয় লবণ :** কোনও দ্বি-আম্লিক বা বহু-আম্লিক ক্ষারকের এক অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড মূলকগুলি আংশিকভাবে কোনও অ্যাসিডমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে-লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে ক্ষারকীয় লবণ বলে।

ক্ষেত্রবিশেষে ইহারা জলীয় দ্রবণে (অতি দুর্বল ক্ষারকের লবণ না হইলে) হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করিতে এবং সামান্য ক্ষারকীয় ধর্ম প্রদর্শন করিতে পারে।

$$Pb(CH_3COO)(OH) = Pb^{++} + CH_3COO^- + OH^-$$

ক্ষারক	অম্লগ্রাহিতা	ক্ষারকীয় লবণ
$Pb(OH)_2$	2	$Pb(OH)Cl$, $Pb(OH)NO_3$, $Pb(CH_3COO)OH$
$Bi(OH)_3$	3	$Bi(OH)_2NO_3$
Bi_2O_3	6	$BiOCl$
$Cu(OH)_2$	2	$2Cu(OH)_2$, $CuCO_3$

(খ) যুগ্ম লবণ (Double Salt) ঃ অনেক সময় দুইটি সরল লবণের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া বাষ্পীভূত করিলে লবণ দুইটি ভিন্ন ভিন্নভাবে উহাদের নিজস্ব কেলাস গঠন না করিয়া একত্রিতভাবে ভিন্নতর গঠন বিশিষ্ট কেলাস উৎপন্ন করে। এইরূপে উৎপন্ন যুগ্ম লবণের কেলাসে সরল লবণ দুইটি উহাদের আণবিক গুরুত্বের সরল অনুপাতে মিশ্রিত থাকে এবং ক্ষেত্রবিশেষে নির্দিষ্ট সংখ্যক জলের অণুকে কেলাস জল হিসাবে সঙ্গে রাখে। আণবিক গুরুত্বের অনুপাতে মিশ্রিত পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে এইরূপ যুগ্ম লবণ হিসাবে সাধারণ ফট্‌কিরি (alum) উৎপন্ন হয়।

$$K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O = \underset{\text{ফট্‌কিরি}}{K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O}$$

যতক্ষণ কঠিন অবস্থা অব্যাহত থাকে ততক্ষণ এইরূপ যুগ্ম লবণের নিজস্ব বৈশিষ্ট্যও অব্যাহত থাকে, কিন্তু জলে দ্রবীভূত করিলে উহা পুনরায় বিয়োজিত হইয়া উহার উপাদান লবণ দুইটির মিশ্রণের মত আচরণ করে এবং লবণ দুইটি যে-সকল আয়ন দ্বারা গঠিত তাহাদের প্রত্যেকের সনাক্তকরণ পরীক্ষায় সাড়া দেয়।

(গ) জটিল লবণ ঃ কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সহিত কতগুলি বিপরীত তড়িৎ আধানযুক্ত আয়ন অথবা প্রশম অণু অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া যে-জটিল আয়ন সৃষ্টি করে, ঐরূপ এক বা একাধিক জটিল আয়ন-নির্মিত লবণকে জটিল লবণ বলে। জটিল লবণে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের ধর্ম অথবা উহার সহিত অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ আয়ন বা অণুগুলির ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া জটিল আয়নের নিজস্ব নূতন ধর্মের আবির্ভাব ঘটে। যেমন, ফেরাস সায়ানাইডের সহিত পটাসিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়ার ফলে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড নামে যে-জটিল লবণ উৎপন্ন হয় তাহার মধ্যে ফেরাস আয়নের বা সায়ানাইড আয়নের ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া ফেরোসায়ানাইড নামে এক জটিল আয়নের নূতন ধর্মের আবির্ভাব ঘটে।

$$\underset{\text{পটাসিয়াম সায়ানাইড}}{4KCN} + \underset{\text{ফেরাস সায়ানাইড}}{Fe(CN)_2} = \underset{\text{পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড}}{K_4[Fe(CN)_6]}$$

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-}$$

অনুরূপভাবে কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে যে-ঘন নীলবর্ণের উদ্ভব হয় তাহার কারণ কিউপ্রামোনিয়াম নামে এক জটিল আয়নের আবির্ভাব। অর্থাৎ অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া সরল লবণ কপার সালফেট জটিল লবণ কিউপ্রামোনিয়াম সালফেটে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{কপার সালফেট}}{CuSO_4} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{4NH_3} = \underset{\text{কিউপ্রামোনিয়াম সালফেট}}{[Cu(NH_3)_4]SO_4}$$

$$[Cu(NH_3)_4]SO_4 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{++} + SO_4^{=}$$

লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis of salts)

তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ার ফলে শমিত লবণ উৎপন্ন হয় বলিয়া আশা করা যায় যে, শমিত লবণের জলীয় দ্রবণ সম্পূর্ণ প্রশম হইবে এবং উহার মধ্যে অ্যাসিড বা ক্ষারক কাহারও ধর্ম পরিলক্ষিত হইবে না। তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের, যেমন, NaCl, KNO_3, K_2SO_4 ইত্যাদির ক্ষেত্রে সত্যসত্যই প্রশম অবস্থা পরিলক্ষিত হয়। জলীয় দ্রবণে ইহারা আয়নিত হইয়া সংশ্লিষ্ট আয়ন উৎপন্ন করে।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- \; ; \; KNO_3 \rightleftharpoons K^+ + NO_3^- \; ; \; K_2SO_4 \rightleftharpoons 2K^+ + [SO]_4^{=}$$

কিন্তু যে-ক্ষারক অথবা ক্ষার এবং অ্যাসিডের পারস্পরিক বিক্রিয়ার ফলে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাদের মধ্যে কোনও একটি যদি দুর্বল হয়, তাহা হইলে ভিন্নরূপ ঘটনা ঘটে। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মত দুর্বল অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের মত তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যাসিটেট লবণ জলীয় দ্রবণে ক্ষারীয় ধর্ম এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মত তীব্র অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের মত দুর্বল ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড ধর্ম পরিলক্ষিত হয়। সুতরাং অনুমিত হয় যে, এই প্রকারের লবণ জলীয় দ্রবণে জলের সহিত প্রশমন বিক্রিয়ার বিপরীত বিক্রিয়া ঘটাইয়া মূল অ্যাসিড ও ক্ষারককে পুনরুৎপন্ন করে।

$$CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NaOH \; ;$$
$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons HCl + NH_4OH$$

যেহেতু প্রথম ক্ষেত্রে উৎপন্ন ক্ষার অ্যাসিডের তুলনায় অনেক বেশি শক্তিশালী তাই জলীয় দ্রবণে উহাদের মিশ্রণের মধ্যে ক্ষারীয় ধর্মের এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে যেহেতু উৎপন্ন অ্যাসিড ক্ষারের তুলনায় অনেক বেশি শক্তিশালী, তাই জলীয় দ্রবণে উহাদের মিশ্রণের মধ্যে অ্যাসিড ধর্মের আবির্ভাব ঘটে বলিয়া মনে করা হয়। দুর্বল অ্যাসিড ও দুর্বল ক্ষারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণও একইভাবে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়, কিন্তু উৎপন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ই দুর্বল হওয়ার জন্য সাধারণত জলীয় দ্রবণে প্রশম অবস্থা বিরাজ করে। **দুর্বল ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিড; দুর্বল অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক অথবা দুর্বল অ্যাসিড ও দুর্বল**

ক্ষারকের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন লবণ তাহাদের জলীয় দ্রবণে জলের সহিত যে-বিক্রিয়া করিয়া সংগঠক অ্যাসিড ও ক্ষারক পুনরুৎপন্ন করে সেই বিক্রিয়াকে আর্দ্র বিশ্লেষণ বলে। তবে আর্দ্র বিশ্লেষণ শব্দটিকে শুধুমাত্র লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে সীমাবদ্ধ না রাখিয়া আরও বেশি ব্যাপক অর্থে ব্যবহার করা হয় এবং জলের সাহায্যে সম্পন্ন যে-কোনও বিয়োজন বিক্রিয়াকেই বহুক্ষেত্রে আর্দ্র বিশ্লেষণ আখ্যা দেওয়া হয়।

আর্দ্র বিশ্লেষণের আয়নীয় ব্যাখ্যা ঃ আয়নীয় তত্ত্বের সাহায্যে লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণের তিনটি বিশিষ্ট ক্ষেত্রকেই সন্তোষজনকভাবে ব্যাখ্যা করা যায়।

(i) **তীব্র ক্ষারক ও দুর্বল অ্যাসিডের লবণ ঃ** আয়নীয় তত্ত্ব অনুযায়ী জলের মধ্যে সর্বদা সামান্য সংখ্যক হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিল আয়ন অবিয়োজিত জলের অণুর সহিত সাম্যাবস্থায় উপস্থিত থাকে; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ (এই উভমুখী বিক্রিয়ায় আয়নীয় গাঢ়ত্বের গুণফল K-এর মান 10^{-14}। তাই অনেক সময়েই বলা হয় জলের P_k অর্থাৎ $-\log K$-এর মান 14)। জলে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH), পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (KOH) ইত্যাদি তীব্র ক্ষারক এবং কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3), বোরিক অ্যাসিড (H_3BO_3), অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) ইত্যাদি দুর্বল অ্যাসিডের বিক্রিয়াজাত লবণ উপস্থিত থাকিলে উহারা প্রথমে আয়নিত হইয়া সংশ্লিষ্ট ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উৎপন্ন করে।

$$Na_2CO_3 \rightleftharpoons 2Na^+ + CO_3^{=}$$

অতঃপর উৎপন্ন দুর্বল অ্যাসিডের অ্যানায়ন জলের মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেন আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া অবিয়োজিত অণুতে পরিণত হয় (অনেক বেশি সংখ্যক অ্যানায়ন উপস্থিত থাকায় দুর্বল অ্যাসিড সাম্যাবস্থায় নগণ্য সংখ্যক হাইড্রোজেন আয়নকে মুক্ত অবস্থায় রাখিতে পারে)।

$$CO_3^{=} + 2H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3$$

ফলে জলীয় দ্রবণে উপস্থিত হাইড্রক্সিল আয়নের সংখ্যা বাড়িয়া দ্রবণটি ক্ষারীয় হইয়া উঠে।

$$\begin{array}{l} 2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^- \\ Na_2CO_3 \rightleftharpoons 2Na^+ + CO_3^{=} \\ CO_3^{=} + 2H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3 \\ \hline 2H_2O + Na_2CO_3 \rightleftharpoons 2Na^+ + 2OH^- + H_2CO_3 \end{array}$$

(ii) **দুর্বল ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের লবণ ঃ** জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH), কপার হাইড্রক্সাইড [$Cu(OH)_2$] বা অক্সাইড (CuO), অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] বা অক্সাইড (Al_2O_3) ইত্যাদি দুর্বল ক্ষারক এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ইত্যাদি তীব্র অ্যাসিডের বিক্রিয়াজাত লবণ উপস্থিত থাকিলে, লবণগুলি প্রথমে আয়নিত হইয়া সংশ্লিষ্ট দুর্বল ক্ষারকের

ক্যাটায়ন এবং তীব্র অ্যাসিডের অ্যানায়ন উৎপন্ন করে। $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$। অতঃপর উৎপন্ন দুর্বল ক্ষারকের ক্যাটায়ন জলে উপস্থিত হাইড্রক্সিল আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া অবিয়োজিত অণুতে পরিণত হয়। $NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4OH$। ফলে জলীয় দ্রবণে উপস্থিত হাইড্রোজেন আয়নের সংখ্যা বাড়িয়া দ্রবণকে আম্লিক করিয়া তোলে।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$
$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4OH$$
$$\overline{NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons H^+ + Cl^- + NH_4OH}$$

(iii) **দুর্বল ক্ষারক ও দুর্বল অ্যাসিডের লবণঃ** জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট $[(NH_4)_2CO_3]$, অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট (CH_3COONH_4), অ্যামোনিয়াম ফরমেট $(HCOONH_4)$, কপার অ্যাসিটেট $[(CH_3COO)_2Cu]$ ইত্যাদি দুর্বল ক্ষারক এবং দুর্বল অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন লবণ উপস্থিত থাকিলে প্রথমে লবণটি তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া সংশ্লিষ্ট ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উৎপন্ন করে। যেমন, $CH_3COONH_4 \rightleftharpoons NH_4^+ + CH_3COOH^-$ এবং অতঃপর ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উভয়েই জলে উপস্থিত যথাক্রমে হাইড্রক্সিল আয়ন ও হাইড্রোজেন আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া দুর্বল ক্ষারক ও দুর্বল অ্যাসিডের অবিয়োজিত অণু সৃষ্টি করে। $NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4OH$; $CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH$। সুতরাং আর্দ্র বিশ্লেষণ হইলেও জলীয় দ্রবণের প্রশম অবস্থার খুব কমই পরিবর্তন ঘটে।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$CH_3COONH_4 \rightleftharpoons CH_3COO^- + NH_4^+$$
$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4OH$$
$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH$$
$$\overline{CH_3COONH_4 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_4OH}$$

অবশ্য দুর্বল ক্ষারকটি দুর্বল অ্যাসিড অপেক্ষা তুলনামূলকভাবে বেশি তীব্র হইলে দ্রবণের মধ্যে সামান্য ক্ষারকীয় অবস্থা এবং তুলনামূলকভাবে কম তীব্র হইলে দ্রবণের মধ্যে সামান্য আম্লিক অবস্থা পরিলক্ষিত হয়। তাই অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে জলীয় দ্রবণের প্রশম অবস্থা অব্যাহত থাকিলেও অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে সামান্য ক্ষারকীয় অবস্থা (∵ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড কার্বনিক অ্যাসিড অপেক্ষা তুলনামূলক-ভাবে বেশি তীব্র) এবং অ্যামোনিয়াম ফরমেটের আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে সামান্য আম্লিক অবস্থা (∵ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ফরমিক অ্যাসিড অপেক্ষা তুলনামূলকভাবে কম তীব্র) সৃষ্ট হয়।

আরেনিয়াসের (Arrhenius) তড়িৎবিয়োজনবাদ বা আয়নবাদ : 1887 খ্রীস্টাব্দে আরেনিয়াস তাঁর তড়িৎবিয়োজনবাদ প্রবর্তন করেন। তাঁহার তত্ত্ব অনুযায়ী সকল তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত হইলে তড়িৎ-আধানযুক্ত পরমাণু বা যৌগমূলকে বিয়োজিত হয়। তড়িৎ-আধানযুক্ত পরমাণু বা যৌগমূলককে আয়ন বলে এবং উহারা অবিয়োজিত অণুর সহিত সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে। আয়নীভবনের (ionisation) মাত্রা দ্রবণের লঘুতা (dilution) বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বাড়িতে থাকে এবং অত্যন্ত বেশি লঘুতায় প্রায় পূর্ণমাত্রায় উপনীত হয়।



চিত্র 6.1 আরেনিয়াস

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$;

$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$;

$CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$; $Na_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + SO_4^{=}$ ইত্যাদি।

কতকগুলি আয়ন পরাতড়িৎ-আধান বহন করে এবং অন্যগুলি অপরাতড়িৎ-আধান। যেহেতু তড়িৎবিয়োজন হওয়া সত্ত্বেও দ্রবণটি তড়িৎগ্রস্ত হয় না তাই উৎপন্ন পরাতড়িৎ-আধানের মোট পরিমাণ অপরাতড়িৎ-আধানের মোট পরিমাণের সমান থাকে।

আরেনিয়াসের তড়িৎ বিয়োজনবাদের পরিপ্রেক্ষিতে অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের রাসায়নিক ধর্ম যে সন্তোষজনকভাবে ব্যাখ্যা করা যায় তাহা পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। কিন্তু তদ্‌সত্ত্বেও আরেনিয়াসের আয়নবাদ সঙ্কীর্ণতাদোষে দুষ্ট এবং কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। তাঁহার কথিত ক্ষারকীয় ধর্মের দ্যোতক হাইড্রক্সিল আয়ন কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রেই প্রাসঙ্গিক। অ্যালকোহল অথবা তরল অ্যামোনিয়ার মত ভিন্নতর দ্রাবকে ক্ষারকীয় ধর্মের দ্যোতক আয়ন ভিন্ন—অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে ইথক্সাইড আয়ন ($OC_2H_5^-$) এবং তরল অ্যামোনিয়ার ক্ষেত্রে অ্যামাইড আয়ন (NH_2^-)।

অ্যাসিড ও ক্ষারক সম্পর্কে ব্রোয়েনস্টেট ও লাউরির মতবাদ : অ্যাসিড ও ক্ষারক সম্পর্কে সকল প্রকার দ্রাবক মাধ্যমে প্রযোজ্য এক মতবাদ প্রবর্তন করেন ব্রোয়েনস্টেট ও লাউরি 1923 খ্রীস্টাব্দে। ইঁহাদের মতানুযায়ী যে-কোনও অণু বা আয়ন, যাহারই প্রোটন বা হাইড্রোজেন আয়ন দানের ক্ষমতা আছে, তাহাই আসিড এবং যে-কোনও অণু বা আয়ন, যাহারই প্রোটন গ্রহণের ক্ষমতা আছে, তাহাই ক্ষারক। এই মতানুযায়ী অ্যাসিড বা ক্ষারক তিন প্রকারের—ক্যাটায়নীয়, আণবিক এবং অ্যানায়নীয়। ক্যাটায়নীয় অ্যাসিডের উদাহরণ—

NH_4^+ ইত্যাদি ($NH_4^+ \rightleftharpoons H^+ + NH_3$), আণবিক অ্যাসিডের HNO_3, HCl, H_2SO_4 ইত্যাদি সাধারণ অ্যাসিড ($HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$) এবং অ্যানায়নীয় অ্যাসিডের HSO_4^-, H_2PO_4 ইত্যাদি ($HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^=$)। অনুরূপভাবে ক্যাটায়নীয় ক্ষারকের উদাহরণ $[Al(H_2O)_5(OH)]^{++}$; $[Al(H_2O)_5(OH)]^{++} + H^+ \rightleftharpoons [Al(H_2O)_6]^{+++}$; আণবিক ক্ষারকের NH_3, RNH_2 ইত্যাদি ($RNH_2 + H^+ \rightleftharpoons RNH_3^+$) এবং অ্যানায়নীয় ক্ষারকের OH^-, CH_3COO^- ইত্যাদি ($CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH$)।

অক্সাইড ও উহার শ্রেণীবিভাগ : অক্সিজেন অত্যন্ত সক্রিয় মৌল। নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীত অন্যান্য সকল প্রকার মৌলের সহিত ইহা প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ-ভাবে সংযুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। **অক্সিজেন ও অন্য একটিমাত্র মৌলের সংযোগে গঠিত এইরূপ দ্বিমৌলিক যৌগকে (Binary Compound) অক্সাইড বলে।**

অক্সাইডের প্রস্তুতি : অক্সাইড প্রস্তুতির জন্য সাধারণত নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি ব্যবহৃত হয় :

(i) **দহন (Combustion) :** অনেক ধাতু ও অধাতু অক্সিজেন বা বায়ুতে জ্বালাইয়া দিলে জ্বলিয়া উঠে ও প্রত্যক্ষভাবে অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া সংশ্লিষ্ট অক্সাইড গঠন করে। যেমন,

$$S + O_2 = SO_2 \; ; \; P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5 \; ; \; C + O_2 = CO_2$$
$$4Na + O_2 = 2Na_2O \; ; \; 2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \; 2Ca + O_2 = 2CaO$$

(ii) **তাপজারণ (Roasting) :** অনেক যৌগকে বায়ু-সংস্পর্শে মধ্যম-উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে, উহারা জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। ধাতু-নিষ্কাশনবিদ্যায় এই পদ্ধতির সাহায্যে ধাতব সালফাইডকে জারিত করিয়া অক্সাইডে পরিণত করা হয়। যেমন,

$$ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2 \; ; \; 2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2$$

(iii) **অধঃক্ষেপন (Precipitation) :** কয়েকটি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের মত তীব্র ক্ষার যোগ করিলে, ধাতব অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন,

$$2AgNO_3 + 2KOH = Ag_2O + 2KNO_3 + H_2O$$
$$HgCl_2 + 2NaOH = HgO + 2NaCl + H_2O$$

(iv) **তাপ বিয়োজন (Thermal decomposition) :** অনেক ধাতুর হাইড্রক্সাইড, নাইট্রেট, কার্বনেট ইত্যাদি যৌগকে উচ্চ তাপমাত্রায় তাপিত করিলে, উহারা বিয়োজিত হইয়া ধাতব অক্সাইডে পরিণত হয়। যেমন,

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O \; ; \; 2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2 \; ;$$
$$MgCO_3 = MgO + CO_2 \; ; \; 2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_3 + SO_2 \; ;$$
$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3$$

(v) **স্টীমের সহিত বিক্রিয়া :** উত্তপ্ত অবস্থায় কতকগুলি ধাতু ও অধাতুর উপর দিয়া স্টীম চালিত হইলে মৌলটি জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। যেমন,

$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2\ ;\ H_2O+C=CO+H_2$$

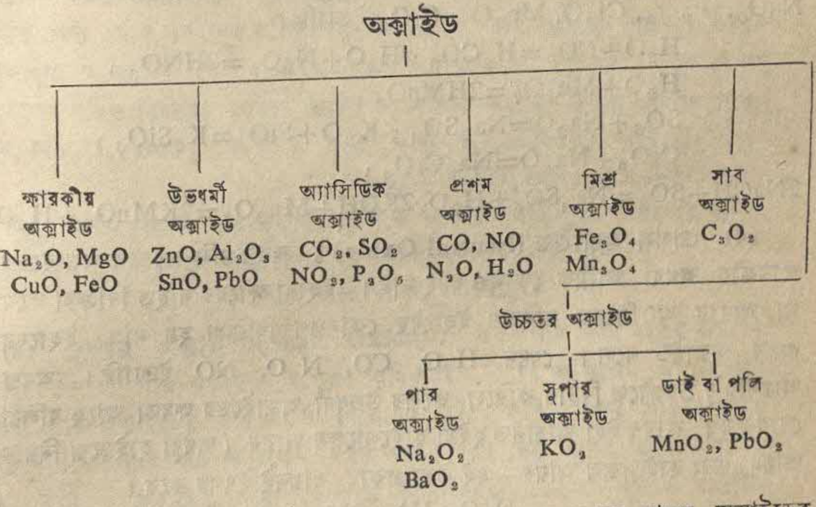
(vi) **অক্সি-অ্যাসিড হইতে প্রস্তুতি :** অনেক অধাতুর উচ্চতর অক্সি-অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া নিম্নতর অধাতব অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। যেমন,

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O\ ;$$

$$Zn+4HNO_3\ (\text{গাঢ়})=Zn(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$

অক্সাইডের শ্রেণীবিভাগ : অক্সাইডকে সর্বসাকুল্যে নয়টি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। যথা, (1) ক্ষারকীয় অক্সাইড, (2) উভধর্মী অক্সাইড, (3) অ্যাসিডিক অক্সাইড বা আম্লিক অক্সাইড, (4) প্রশম অক্সাইড, (5) মিশ্র অক্সাইড, (6) সাব-অক্সাইড, (7) পার-অক্সাইড, (8) সুপার অক্সাইড, (9) ডাই-অক্সাইড বা পলি-অক্সাইড।

তবে অনেকে শেষোক্ত তিনটি শ্রেণীকে পৃথক শ্রেণী হিসাবে গণ্য না করিয়া উচ্চতর অক্সাইড শ্রেণীর মধ্যে তিনটি উপশ্রেণী হিসাবে অন্তর্ভুক্ত করেন।



(1) **ক্ষারকীয় অক্সাইড (Basic Oxide) :** যে-সব ধাতব অক্সাইডের মধ্যে কেবলমাত্র ক্ষারকীয় ধর্ম দেখিতে পাওয়া যায় তাহাদের ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। অধিকাংশ ধাতব অক্সাইড এই শ্রেণীর অন্তর্গত। যেমন, Na_2O, K_2O, MgO, CuO, CaO, MnO, FeO ইত্যাদি। ইহারা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O\ ;\ MgO+H_2SO_4=MgSO_4+H_2O$$

ক্ষার ধাতু ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া

হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রক্সাইড লাল লিটমাসকে নীল করিয়া ক্ষারধর্ম প্রদর্শন করে।

$$K_2O+H_2O=2KOH\ ;\ CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

(2) উভধর্মী অক্সাইড (Amphoteric Oxide) ঃ কতকগুলি ধাতুর অক্সাইড অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়প্রকার বিকারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। ইহাদের উভধর্মী অক্সাইড বলে। যেমন,

ZnO, Al_2O_3, SnO, PbO ইত্যাদি।

$$ZnO+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2O\ ;\ ZnO+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2O$$
$$Al_2O_3+6HCl=2AlCl_3+3H_2O\ ;\ Al_2O_3+2KOH=2KAlO_2+H_2O$$

(3) আম্লিক বা অ্যাসিডিক অক্সাইড ঃ (Acidic Oxide) ঃ যে-সব অক্সাইড জলের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সি-অ্যাসিড, অক্সাইড জাতীয় ক্ষারকের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করিতে পারে তাহাদের আম্লিক বা অ্যাসিডিক অক্সাইড বা অ্যাসিড নিরুদক (Acid anhydride) বলে। অধিকাংশ অধাতব অক্সাইড এবং অত্যুচ্চ যোজ্যতাবিশিষ্ট ধাতুর কয়েকটি অক্সাইড এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। যেমন, CO_2, SO_2, SO_3, NO_2, N_2O_5, P_2O_5, Cl_2O, Mn_2O_7, CrO_3 ইত্যাদি।

$$H_2O+CO_2=H_2CO_3\ ;\ H_2O+N_2O_5=2HNO_3\ ;$$
$$H_2O+Mn_2O_7=2HMnO_4\ ;$$
$$SO_3+Na_2O=Na_2SO_4\ ;\ K_2O+SiO_2=K_2SiO_3\ ;$$
$$CrO_3+Na_2O=Na_2CrO_4\ ;$$
$$2NaOH+SO_2=Na_2SO_3+H_2O;\ 2KOH+Mn_2O_7=2KMnO_4+H_2O$$

(4) প্রশম অক্সাইড (Neutral Oxide) ঃ কতকগুলি অধাতব অক্সাইডের ক্ষারকীয় অথবা আম্লিক কোনও ধর্মই নাই। ইহারা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না, আবার অ্যাসিডের সহিতও ইহাদের কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না। ইহাদের প্রশম অক্সাইড বলে। যেমন, H_2O, CO, N_2O, NO ইত্যাদি। অবশ্য আয়নীয় দৃষ্টিভঙ্গীতে বিচার করিলে জলের উভধর্মী অক্সাইডের ক্ষমতা আছে বলিয়া বোধ হয়। কারণ ইহা আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন (অথবা হাইড্রক্সোনিয়াম আয়ন) এবং হাইড্রক্সিল আয়ন—এই উভয়প্রকার আয়নই উৎপন্ন করে।

$$H_2O\rightleftharpoons H^{+}+OH$$

(5) মিশ্র-অক্সাইড (Mixed Oxide) বা যৌগ অক্সাইড (Compound Oxide) ঃ ধর্মের দিক হইতে বিচার করিলে মিশ্র অক্সাইড মূলত লবণ। কোনও ধাতুর পরিবর্তনশীল যোজ্যতা থাকিলে লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, উহার নিম্নতর যোজ্যতার অক্সাইড ক্ষারধর্মী হইলেও উচ্চতর যোজ্যতার অক্সাইডগুলির মধ্যে যোজ্যতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ক্রমবর্ধমান মাত্রায় অ্যাসিড ধর্মের আবির্ভাব ঘটিতেছে। যেমন, MnO ক্ষারকীয় হইলেও Mn_2O_3 দুর্বল ক্ষারকীয় ও উভধর্মী এবং MnO_2

বা Mn_2O_7 অ্যাসিডধর্মী হিসাবে বিক্রিয়া করে। অনুরূপভাবে FeO ক্ষারকীয় অক্সাইড হইলেও Fe_2O_3-এর মধ্যে উভধর্মী অক্সাইডের ধর্ম বর্তমান। এইরূপ কোনও ধাতুর নিম্নতর যোজ্যতার ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত উচ্চতর যোজ্যতার অ্যাসিডিক অক্সাইড বা (অ্যাসিডধর্মী হিসাবে ক্রিয়ারত) উভধর্মী অক্সাইডের রাসায়নিক সংযুক্তির ফলে উৎপন্ন লবণ-জাতীয় যৌগকে মিশ্র অক্সাইড বলে। যেমন, Mn_3O_4, Fe_3O_4, Pb_3O_4 ইত্যাদি। অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহারা দুইরকম যোজ্যতাবিশিষ্ট অবস্থার দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে।

$$Pb_3O_4 + 4HNO_3 = 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2 + 2H_2O$$

$$Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + FeCl_3 + 4H_2O$$

(6) **সাব-অক্সাইড (Suboxide)ঃ** কোনও মৌলের অক্সাইডে উহার জ্ঞাত নিম্নতম সুস্থিত অক্সাইড অপেক্ষা তুলনামূলকভাবে কম অক্সিজেন থাকিলে ঐ অক্সাইডকে সাব-অক্সাইড বলে। যেমন, C_3O_2-তে অক্সিজেনের পরিমাণ কার্বনের নিম্নতম সুস্থিত অক্সাইড কার্বনমনোক্সাইড (CO) অপেক্ষা কম বলিয়া উহাকে কার্বন সাব-অক্সাইড বলে।

(7) **পার-অক্সাইড (Peroxide)ঃ** পার-অক্সাইড যৌগে অক্সিজেন শুধুমাত্র অন্য মৌল পরমাণুর সহিতই যুক্ত থাকে না, আংশিকভাবে পরস্পরের সঙ্গে তথাকথিত অক্সিজেন সেতু (–O–O–) মারফতও যুক্ত থাকে। ইহারা লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে পারে। যেমন, Na_2O_2, BaO_2 ইত্যাদি। $BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

ইহারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় বলিয়া ইহাদের হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লবণ হিসাবেও গণ্য করা চলে।

$$H_2O_2 + 2NaOH = Na_2O_2 + 2H_2O$$

(8) **সুপার অক্সাইড (Super Oxide)ঃ** কতকগুলি ক্ষার ধাতুর উচ্চতর অক্সাইডের মধ্যে পার-অক্সাইড অপেক্ষা অধিকতর পরিমাণ অক্সিজেন থাকে এবং ইহারা পার-অক্সাইডের ন্যায় আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিলেও সঙ্গে সঙ্গে অক্সিজেন নির্গত করে। ইহাদের সুপার অক্সাইড বলে। যেমন, KO_2। ইহাদের মধ্যে বিজোড় ইলেকট্রনবাহী একটি সুপার অক্সাইড আয়ন $[O_2]^-$ থাকে।

$$2KO_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O_2 + O_2$$

(9) **ডাই-অক্সাইড অথবা পলি-অক্সাইডঃ (Dioxide or Poly-oxide)ঃ** ইহাদের মধ্যে উচ্চতর অনুপাতে অক্সিজেন উপস্থিত থাকিলেও, ইহারা লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে পারে না বলিয়া পার-অক্সাইড শ্রেণীভুক্ত নয়। ইহাদের অণুর মধ্যে পৃথকভাবে দ্বিবন্ধন দ্বারা

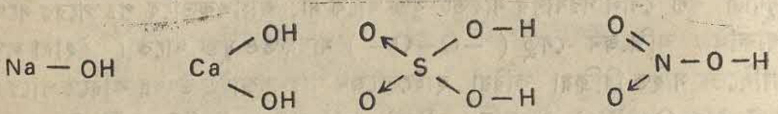
যুক্ত দুইটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে। যেমন, O=Pb=O, O=Mn=O ইত্যাদি। ইহারা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$$

এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেন নির্গত করে

$$2PbO_2+2H_2SO_4=2PbSO_4+2H_2O+O_2$$

হাইড্রক্সাইড ও উহার আয়নীভবন ঃ অক্সাইড সম্পর্কে আলোচনা প্রসঙ্গে পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, ক্ষারকীয় বা আম্লিক উভয়প্রকার অক্সাইডই জলের সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইতে এবং যথাক্রমে ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করিতে পারে। তাই উভয় প্রকার উৎপন্ন যৌগকেই হাইড্রেটেড অক্সাইড অর্থাৎ জলযুক্ত অক্সাইড বা সংক্ষেপে হাইড্রক্সাইড আখ্যা দেওয়া চলে। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিডকে ষড়যোজী সালফারের জলযুক্ত অক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যাসিডকে পঞ্চযোজী নাইট্রোজেনের জলযুক্ত অক্সাইড হিসাবে গণ্য করা যায়। গঠনগত সঙ্কেত বা সংযুতি সঙ্কেতের দিক দিয়া বিবেচনা করিলেও দেখা যায় যে উভয়প্রকার যৌগেরই গঠনকাঠামোর মধ্যে এক বা একাধিক হাইড্রক্সিল (OH) মূলক উপস্থিত থাকে। যেমন,



সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড   ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড   সালফিউরিক অ্যাসিড   নাইট্রিক অ্যাসিড

একটি হাইড্রেটেড অক্সাইডকে ক্ষারক হিসাবে গণ্য করা হইবে অথবা অ্যাসিড হিসাবে গণ্য করা হইবে, তাহা ঐ হাইড্রেটেড অক্সাইড জলীয় দ্রবণে কিভাবে আয়নিত হইবে তাহার উপর নির্ভরশীল। যদি উহা আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে তাহা হইলে উহা অ্যাসিড, কিন্তু যদি হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে তাহা হইলে ক্ষারক।

$$R-O \mid H \rightleftharpoons RO^- + H^+ \quad \text{অ্যাসিড}$$

$$R \mid O-H \rightleftharpoons R^+ + OH^- \quad \text{ক্ষারক}$$

সুতরাং, হাইড্রেটেড অক্সাইডের আয়নিত হইবার সময় যদি অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের মধ্যবর্তী বন্ধন ছিন্ন হয় তাহা হইলে উহা অ্যাসিড এবং যদি সংশ্লিষ্ট মৌল ও অক্সিজেনের মধ্যবর্তী বন্ধন ছিন্ন হয় তাহা হইলে উহা ক্ষারক। মৌল ও অক্সিজেনের মধ্যবর্তী বন্ধন অথবা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যবর্তী বন্ধন কোন্‌টি ছিন্ন হইবে, তাহা ঐ বন্ধন দুটির মধ্যে কোন্‌টি তুলনামূলক ভাবে বেশি শক্তিশালী তাহার উপর নির্ভর করে। আণবিক সঙ্কেত লিখিবার সময় আমরা হাইড্রেটেড অক্সাইডের রাসায়নিক ধর্ম বিবেচনা করিয়া, যদি উহা অ্যাসিড হয়

তাহা হইলে হাইড্রোজেন দিয়া শুরু করি এবং ক্ষারক হইলে শেষ করি হাইড্রক্সিল মূলকের সাহায্যে। যেমন বোরিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত লিখিবার সময় $B(OH)_3$ না লিখিয়া H_3BO_3 এবং ফেরিক হাইড্রক্সাইডের ক্ষেত্রে H_3FeO_3 না লিখিয়া $Fe(OH)_3$ লেখাই নিয়ম।

উপরি-উক্ত আম্লিক হাইড্রক্সাইড ও ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইড ব্যতীত তৃতীয় একপ্রকার উভধর্মী হাইড্রক্সাইড আছে যাহারা অ্যাসিড অথবা ক্ষার উভয়প্রকার বিকারকের সহিতই বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করিতে পারে। যেমন, জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড $Zn(OH)_2$, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড $Al(OH)_3$, স্ট্যানাস হাইড্রক্সাইড $Sn(OH)_2$ অথবা প্লাম্বাস হাইড্রক্সাইড $Pb(OH)_2$।

জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড যখন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে তখন আমরা উহার সঙ্কেত লিখি $Zn(OH)_2$। $Zn(OH)_2+H_2SO_4=ZnSO_4+2H_2O$।

কিন্তু যখন উহা ক্ষারের মধ্যে দ্রবীভূত হয় তখন উহা জিঙ্কিক অ্যাসিড হিসাবে বিক্রিয়া করে এবং উহার সঙ্কেত লেখা হয় H_2ZnO_2।

$H_2ZnO_2+2NaOH=Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+2H_2O$।

কোনও হাইড্রেটেড অক্সাইড ক্ষারকীয়, আম্লিক অথবা উভধর্মী, কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত তাহা বুঝিবার জন্য আমরা অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত হাইড্রেটেড অক্সাইডটির রাসায়নিক বিক্রিয়া পরীক্ষা করিয়া দেখি এবং যদি যৌগটি শুধুমাত্র অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে তাহা হইলে ক্ষারকীয়, শুধুমাত্র ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিলে আম্লিক আর যদি অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সহিতই বিক্রিয়া করে তাহা হইলে উভধর্মী বলিয়া গণ্য করি।

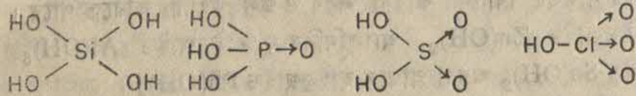
কোনও মৌল R-এর যোজ্যতা x হইলে উহার হাইড্রক্সাইডের সঙ্কেতকে সর্বদা $R(OH)_x$ রূপে প্রকাশ করা যায়, যদি x-এর মান 2-এর কম হয়। কিন্তু x-এর মান 2-এর অধিক হইলে বহুক্ষেত্রে সম্ভাব্য $R(OH)_x$ হাইড্রক্সাইডটির অণু কয়েকটি জলের অণু বর্জন করে। যেমন ত্রিযোজী ক্রোমিয়ামের হাইড্রক্সাইড $Cr(OH)_3$ সঙ্কেত ব্যতীত $Cr(=O)-OH$ সঙ্কেতেও অবস্থান করে। চারের বেশি যোজ্যতাযুক্ত মৌলের হাইড্রক্সাইডের অণুতে খুব কম ক্ষেত্রেই সর্বোচ্চসংখ্যক হাইড্রক্সিল মূলক থাকে। যেমন পঞ্চযোজী ফসফরাসের হাইড্রক্সাইড অণু $P(OH)_5$ না হইয়া সর্বোচ্চসংখ্যক হাইড্রোজেনবাহী হাইড্রক্সাইড যৌগে $O\leftarrow P(OH)_3$ বা H_3PO_4 রূপে অবস্থান করে।

$$2P_2O_5+5H_2O=2[P(OH)_5]=2(HO)_3P\rightarrow O+2H_2O$$

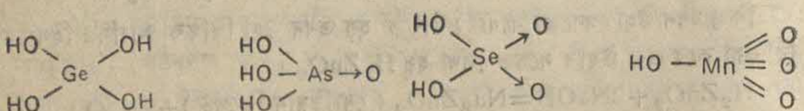
একটি মৌল উহার হাইড্রক্সাইড অণুতে সর্বোচ্চসংখ্যক কতগুলি হাইড্রক্সিল মূলক ধারণ করিতে পারে, তাহা উহার পর্যায়সারণীতে অধিকৃত স্থানের উপরও নির্ভর করে। যেমন, দ্বিতীয় পর্যায়ে অবস্থানকারী কোনও মৌলপরমাণুই তিনের বেশি সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণুর সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত থাকিতে পারে

না বলিয়া পঞ্চযোজী নাইট্রোজেনের হাইড্রেটেড অক্সাইডের সঙ্কেত $N(OH)_5$ না হইয়া $H-O-N\overset{O}{\nearrow}=O$ অর্থাৎ HNO_3, চতুর্যোজী কার্বনের হাইড্রেটেড অক্সাইডের সঙ্কেত $C(OH)_4$ না হইয়া $(HO)_2C=O$ অর্থাৎ H_2CO_3 ।

চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ের মৌল পরমাণুগুলি সাধারণত চারটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত সরাসরি সংযুক্ত থাকে। যেমন,

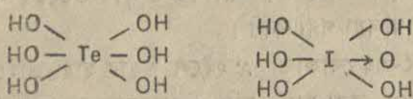


সিলিসিক অ্যাসিড ফসফোরিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিড পারক্লোরিক অ্যাসিড



জার্মানিক অ্যাসিড আর্সেনিক অ্যাসিড সিলেনিক অ্যাসিড পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিড

আবার পঞ্চম পর্যায়ে অবস্থিত কোনও মৌলের পরমাণুর চারিদিকে সর্বোচ্চ ছয়টি অক্সিজেন পরমাণু সংযুক্ত অবস্থায় থাকিতে পারে এবং তাই টেলুরিক বা পার-আয়োডিক অ্যাসিডের নিম্নলিখিত আণবিক সঙ্কেত হয়।



টেলুরিক অ্যাসিড পার-আয়োডিক অ্যাসিড

সুতরাং কোনও মৌলের হাইড্রক্সাইডের আণবিক সংযুতি কেবলমাত্র মৌলটির যোজ্যতার (অর্থাৎ পর্যায় সারণীতে উহার শ্রেণীগত অবস্থানের) উপরই নির্ভর করে না, মৌলটি কোন্ পর্যায়ে অবস্থিত তাহার উপরও নির্ভর করে।

হাইড্রক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ

(i) ধাতু ও জলের বিক্রিয়া হইতে ঃ অনেক ধাতব মৌল জলের সহিত সরাসরি বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন মারফৎ হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করিতে পারে। সাধারণ তাপমাত্রায় সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি অতি সক্রিয় ধাতু এবং ফুটন্ত জলের সহিত বিচূর্ণ অবস্থায় ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, জিঙ্ক ইত্যাদি মধ্যম সক্রিয় ধাতু উপরি-উক্ত ভাবে বিক্রিয়া করে।

$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$; $Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$

$Mg+2H_2O=Mg(OH)_2+H_2$; $2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$

(ii) অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়া হইতেঃ ধাতুগুলির মধ্যে কেবলমাত্র অতি সক্রিয় ক্ষার ও ক্ষারকীয় মৃত্তিকা শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত ধাতুগুলির অক্সাইড যেমন, Na_2O, K_2O, CaO, BaO ইত্যাদি জলের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া হাইড্রক্সাইড গঠন করে। $Na_2O+H_2O=2NaOH$; $BaO+H_2O=Ba(OH)_2$ । অধিকাংশ অধাতব অক্সাইড জলের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া উহাদের হাইড্রেটেড অক্সাইড অর্থাৎ অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $SO_3+H_2O=H_2SO_4$;

$N_2O_5+H_2O=2HNO_3$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$

(iii) বিপরিবর্ত বিক্রিয়ার সাহায্যেঃ অধিকাংশ ক্ষারকীয় অক্সাইড জলের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া হাইড্রক্সাইড গঠন করিতে পারে না। এই সব ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট ধাতব লবণের দ্রবণে ক্ষারের দ্রবণ যোগ করিয়া হাইড্রক্সাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। যেমন,

$$MgCl_2+2NaOH=Mg(OH)_2\downarrow+2NaCl;$$
$$FeCl_3+3NH_4OH=3NH_4Cl+Fe(OH)_3\downarrow$$
$$CuSO_4+2KOH=Cu(OH)_2\downarrow+K_2SO_4;$$
$$Al_2(SO_4)_3+6NH_4OH=3(NH_4)_2SO_4+2Al(OH)_3\downarrow$$

(iv) আর্দ্র বিশ্লেষণের সাহায্যেঃ হাইড্রাইড, নাইট্রাইড, অ্যালুমিনিক, জিঙ্কিক ইত্যাদি অতি দুর্বল বা কাল্পনিক অ্যাসিডের লবণকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলেও ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$NaH+H_2O=NaOH+H_2; \quad NaNH_2+H_2O=NaOH+NH_3;$$
$$KAlO_2+2H_2O=KOH+Al(OH)_3\downarrow;$$
$$K_2ZnO_2+2H_2O=2KOH+Zn(OH)_2\downarrow$$

অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্কভার
(Equivalent weight of acids, basis and salts)

মিথানুপাত সূত্র হইতে কিরূপে তুল্যাঙ্কভার সম্পর্কে ধারণার সূত্রপাত হইয়াছিল তাহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। প্রথমদিকে তুল্যাঙ্কভার-সম্পর্কীয় ধারণা শুধুমাত্র মৌলদের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হইলেও পরবর্তী কালে ঐ ধারণাকে আরও সম্প্রসারিত করিয়া যৌগদের ক্ষেত্রেও প্রয়োগ করা হয়। যেহেতু, একটি যৌগের তুল্যাঙ্কভার যৌগটি যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিতেছে তাহার উপর নির্ভরশীল (অ্যাসিড হিসাবে নাইট্রিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার জারক হিসাবে উহার তুল্যাঙ্কভারের সমান নহে) এবং সর্বপ্রকার বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য একটিমাত্র সরল সংজ্ঞার মধ্যে যৌগের তুল্যাঙ্কভার সম্পর্কে সঠিক ধারণা উপস্থিত করা কষ্টসাধ্য, তাই অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা পৃথক পৃথক ভাবে উপস্থিত করা যাইতেছে।

অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্ক : একটি অ্যাসিডের যত ভাগ ওজনের মধ্যে এক তুল্যাঙ্ক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন অর্থাৎ 1·008 ভাগ ওজনের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন উপস্থিত থাকে, তত ভাগ ওজনের সংখ্যামানকে অ্যাসিডটির তুল্যাঙ্কভার বলে।

যেহেতু, একটি অ্যাসিডের এক অণুর মধ্যে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা অ্যাসিডটির ক্ষারগ্রাহিতা নির্দেশ করে, তাই

$$\text{অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

আমরা জানি আণবিক গুরুত্ব সর্বদাই একটি বিশুদ্ধ সংখ্যা এবং সংজ্ঞানুযায়ী ক্ষারগ্রাহিতাও একটি সংখ্যা। সুতরাং উহাদের অনুপাতের সাহায্যে প্রকাশিত তুল্যাঙ্কভারও একটি বিশুদ্ধ সংখ্যা ব্যতীত অন্য কিছুই নয়। তুল্যাঙ্কভার গ্রামে প্রকাশিত হইলে উহাকে **গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার** বা **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলে।

$$\therefore \text{ অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

যেমন, H_2SO_4-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{H_2SO_4\text{-এর আণবিক গুরুত্ব}}{H_2SO_4\text{-এর ক্ষারগ্রাহিতা}}$

$$= \frac{2+32+4\times16}{2} = \frac{98}{2} = 49$$

এবং H_2SO_4 গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার $= \frac{98}{2}$ গ্রাম $= 49$ গ্রাম।

আবার, আয়নবাদ অনুযায়ী

অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{এক অণু অ্যাসিডের তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন } H^+\text{-এর সংখ্যা}}$$

এবং অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব}}{\text{এক অণু অ্যাসিডের তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন } H^+\text{-এর সংখ্যা}}$$

উদাহরণ :

অ্যাসিড	সঙ্কেত	ক্ষারগ্রাহিতা (*b*)	আণবিক গুরুত্ব (M)	তুল্যাঙ্কভার $\left(\frac{M}{b}\right)$
হাইড্রোক্লোরিক	HCl	1	36·5	36·5
অ্যাসেটিক	CH_3COOH	1	60	60
নাইট্রিক	HNO_3	1	63	63
সালফিউরিক	H_2SO_4	2	98	49
অক্সালিক (অনার্দ্র)	$(COOH)_2$	2	90	45
ফস্‌ফোরিক	H_3PO_4	3	98	32·6

ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার : একটি ক্ষারকের যত ভাগ ওজনের মধ্যে এক তুল্যাঙ্ক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রক্সিলমূলক অর্থাৎ 17·008 ভাগ

ওজনের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রক্সিলমূলক উপস্থিত থাকে অথবা উহার যত ভাগ ওজন এক তুল্যাঙ্কভার অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে পারে, তত ভাগ ওজনের সংখ্যামানকে ক্ষারকটির তুল্যাঙ্কভার বলে।

যেমন, 56 ভাগ ওজনের KOH-এর মধ্যে 17·008 ভাগ ওজনের হাইড্রক্সিল মূলক থাকে, তাই KOH-এর তুল্যাঙ্কভার 56। আবার যেহেতু এক অণু ক্ষারকে উপস্থিত হাইড্রক্সিল মূলকের সংখ্যা ক্ষারকটির অ্যাসিডগ্রাহিতাকে নির্দেশ করে, তাই

$$\text{ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ক্ষারকটির আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারকটির অ্যাসিডগ্রাহিতা}}$$

বলা বাহুল্য অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভারের মত ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভারও একটি বিশুদ্ধ সংখ্যা এবং উহাকে গ্রামে প্রকাশিত করিলে ক্ষারকের 'গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার' বা 'গ্রাম-তুল্যাঙ্ক' পাওয়া যায়।

$$\therefore \text{ ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{ক্ষারকের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারকের অ্যাসিডগ্রাহিতা}}$$

$$= \frac{\text{ক্ষারকের গ্রাম-আণবিক গুরুত্ব}}{\text{এক অণু ক্ষারকের তড়িৎবিয়োজনে উৎপন্ন OH আয়নের সংখ্যা}}$$

(আয়নবাদ অনুযায়ী)

উদাহরণ :

ক্ষারক	সঙ্কেত	আণবিক গুরুত্ব (M)	অ্যাসিডগ্রাহিতা (a)	তুল্যাঙ্কভার $\left(\frac{M}{a}\right)$
অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড	NH_4OH	35	1	35
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড	NaOH	40	1	40
পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড	KOH	56	1	56
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড	$Ca(OH)_2$	74	2	37
বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড	$Ba(OH)_2$	171	2	85·5

লবণের তুল্যাঙ্কভার : **একটি লবণের যতভাগ ওজনের মধ্যে উহার ক্ষারকীয় মূলকের (অর্থাৎ ধাতু বা ধাতুগুণসম্পন্ন যৌগমূলকের) এক তুল্যাঙ্কভার উপস্থিত থাকে, তত ভাগ ওজনের সংখ্যামানকে লবণটির তুল্যাঙ্কভার বলে।** যেহেতু এক অণু লবণে উপস্থিত ক্ষারকীয় মূলকের সংখ্যা এবং যোজ্যতার গুণফল উহার তুল্যাঙ্ক সংখ্যাকে নির্দেশ করে, তাই

লবণের তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{লবণের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{লবণে উপস্থিত ক্ষারকীয় মূলকের সংখ্যা} \times \text{লবণে উপস্থিত ক্ষারকীয় মূলকের যোজ্যতা}}$$

$$= \frac{\text{লবণের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{এক অণু লবণের তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন ধাতব আয়নের মোট ধনাত্মক তড়িতাধান সংখ্যা}}$$

লবণের তুল্যাঙ্কভার একটি সংখ্যা এবং উহাকে গ্রামে প্রকাশ করিলে লবণটির গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার পাওয়া যায়।

লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার

$$=\frac{\text{লবণের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{লবণে উপস্থিত ক্ষারকীয় মূলকের সংখ্যা} \times \text{লবণে উপস্থিত ক্ষারকীয় মূলকের যোজ্যতা}}$$

যেমন, $Al_2(SO_4)_3$-এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{27\times2+(32+16\times4)\times3}{2\times3}=57$

কতকগুলি উদাহরণ :

লবণ	সঙ্কেত	আণবিক গুরুত্ব (M)	ক্ষারকীয় মূলকের সংখ্যা (n)	ক্ষারকীয় মূলকের যোজ্যতা (v)	তুল্যাঙ্কভার $M/(n\times v)$
সোডিয়াম ক্লোরাইড	$NaCl$	58·5	1	1	58·5
পটাসিয়াম সালফেট	K_2SO_4	174	2	1	87
সোডিয়াম কার্বনেট (অনার্দ্র)	Na_2CO_3	106	2	1	53
ক্যালসিয়াম ফসফেট	$Ca_3(PO_4)_2$	310	3	2	51·7

বিশেষ দ্রষ্টব্য : অতি দুর্বল কার্বনিক অ্যাসিডের লবণ বলিয়া সোডিয়াম কার্বনেট জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় এবং প্রতি অণু হইতে দুই অণু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অর্থাৎ দুইটি হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে।

$$Na_2CO_3+2H_2O=2Na^++2OH^-+H_2CO_3$$

তাই Na_2CO_3-কে একটি দ্বি-আম্লিক ক্ষারক হিসাবে কল্পনা করিয়া তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করার সময় ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতিও অনুসরণ করা যায়।

প্রমাণ দ্রবণ : নর্ম্যাল, মোলার, মোলাল ও ফর্ম্যাল দ্রবণ (Standard Solution : Normal, Molar, Molal and Formal Solution)

দ্রবণের মাত্রা বা শক্তি (Concentration of a Solution) : দ্রবণের মাত্রাকে বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যায়। এক লিটার দ্রবণে উপস্থিত দ্রাব্য পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত ওজন (গ্রাম/লিটার) বা 100 মিলি. দ্রবণে উপস্থিত দ্রাব্য পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত ওজন (শতকরা মাত্রা) ব্যতীতও রসায়নবিজ্ঞানে নর্ম্যাল, মোলার, মোলাল, ফর্ম্যাল ইত্যাদি এককেও দ্রবণের মাত্রা প্রকাশ করার জন্য ব্যবহার করা হয়। **যে-কোনও এককেই দ্রবণের মাত্রা প্রকাশ করা হউক না কেন, যদি নির্দিষ্ট আয়তন দ্রবণের মধ্যে দ্রাব্য পদার্থের পরিমাণ সঠিকভাবে জানা থাকে, তাহা হইলে দ্রবণটিকে প্রমাণ দ্রবণ (Standard Solution) বলে।**

নর্ম্যাল দ্রবণ ও নর্ম্যালিটি : কোনও দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে নর্ম্যাল দ্রবণ বলে।

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের (NaOH) গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 40 গ্রাম। সুতরাং কোনও

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের প্রতি লিটারে 40 গ্রাম বিশুদ্ধ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত থাকিলে উহা 1 নর্মাল মাত্রার সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ। আবার দুই লিটার NaOH দ্রবণে 80 গ্রাম NaOH অথবা 500 মিলি. NaOH দ্রবণে 20 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকিলেও উহারা 1 নর্ম্যাল দ্রবণ। কারণ দ্রাবের পরিমাণের হ্রাস-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের আয়তনও সমানুপাতে পরিবর্তিত হইয়াছে বলিয়া দ্রবণের মাত্রা অপরিবর্তিত থাকিয়া গিয়াছে। কিন্তু 1 লিটার NaOH দ্রবণে 40 গ্রামের পরিবর্তে উহার দ্বিগুণ ওজনের অর্থাৎ 80 গ্রাম বিশুদ্ধ NaOH দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণের মাত্রা বাড়িয়া দ্বিগুণ হইয়া যাইবে এবং তখন উহাকে বলা হইবে 2 নর্ম্যাল দ্রবণ। নর্ম্যাল দ্রবণকে (N) বা '1N' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করাই নিয়ম এবং অনুরূপভাবে দুই নর্ম্যাল দ্রবণকে '2N' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

নর্ম্যাল মাত্রায় দ্রবণের শক্তি ঃ এক লিটার দ্রবণে দ্রাবের যত সংখ্যক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাকে দ্রবণের নর্ম্যালিটি বলা হয়। সুতরাং কোনও দ্রবণের নর্ম্যালিটি x হইলে ;

$$x=\frac{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যায় দ্রবীভূত দ্রাবের পরিমাণ}}{\text{লিটারের সংখ্যায় দ্রবণের আয়তন}}$$

বাস্তবে দ্রাবগুলিকে গ্রামের হিসাবে ওজন করিয়া পরিমাপ করা হয়। এখন যদি দ্রবণ প্রস্তুতিকালে W গ্রাম E তুল্যাঙ্কযুক্ত দ্রাব্য পদার্থকে জলে দ্রবীভূত করিয়া V লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়, তাহা হইলে

$$\text{নর্ম্যালিটি } x=\frac{\dfrac{\text{গ্রামের হিসাবে দ্রাবের ওজন}}{\text{দ্রাবের তুল্যাঙ্কভার}}}{\text{লিটারের হিসাবে দ্রবণের আয়তন}}=\frac{\dfrac{\text{W গ্রাম}}{\text{E}}}{\text{V লিটার}}=\frac{\text{W গ্রাম}}{\text{E}\times\text{V লিটার}}$$

$$\therefore\ x\times \text{E}=\frac{\text{W গ্রাম}}{\text{V লিটার}}$$

$\therefore$ নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার = দ্রবণে গ্রাম/লিটার হিসাবে দ্রাবের পরিমাণ

বিভিন্ন নর্ম্যালিটিতে প্রকাশিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্যে প্রতি-লিটারে উপস্থিত বিশুদ্ধ NaOH-এর গ্রামের হিসাবে ওজন নিম্নে প্রদর্শিত হইল ঃ

দ্রবণের নাম	চিহ্ন	নর্ম্যালিটি	প্রতি লিটারে উপস্থিত দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা	দ্রাবের তুল্যাঙ্কভার	প্রতি লিটারে উপস্থিত দ্রাবের গ্রামে পরিমাণ
নর্ম্যাল	1N	1	1	40	40
ফাইভ নর্ম্যাল	5N	5	5	40	200
সেমি নর্ম্যাল	$\frac{N}{2}$ বা 0·5N	$\frac{1}{2}$ বা 0·5	$\frac{1}{2}$	40	20
ডেসি নর্ম্যাল	$\frac{N}{10}$ বা 0·1N	$\frac{1}{10}$ বা 0·1	$\frac{1}{10}$	40	4
সেন্টি নর্ম্যাল	$\frac{N}{100}$ বা 0·01N	$\frac{1}{100}$ বা 0·01	$\frac{1}{100}$	40	0·4

মোলার দ্রবণ ও মোলারিটি

মোলার দ্রবণ (Molar solution) : কোনও দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ (বা 1 মোল) দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে মোলার দ্রবণ বলে। মোলার দ্রবণকে M বা 1M চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

মোলার মাত্রায় দ্রবণের শক্তি : এক লিটার দ্রবণে দ্রাবের যত-সংখ্যক গ্রাম-অণু (বা মোল) দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাকে দ্রবণের মোলারিটি বলা হয়।

সুতরাং মোলারিটি

$$= \frac{\text{গ্রাম-অণুর (বা মোলের) সংখ্যায় দ্রবীভূত দ্রাবের পরিমাণ}}{\text{লিটারের সংখ্যায় দ্রবণের আয়তন}}$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব 98 ; সুতরাং 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড এক লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকিলে উহার মোলার মাত্রা 1 M ; 49 গ্রাম দ্রবীভূত থাকিলে 0·5 M, 9·8 গ্রাম দ্রবীভূত থাকিলে 0·1 M ইত্যাদি।

নর্ম্যালিটির সহিত গ্রাম / লিটারের সম্পর্কের মত মোলারিটির সহিত গ্রাম / লিটারের সম্পর্ক সহজেই নির্ণয় করা যায়। সম্পর্কটি নিম্নরূপ :

মোলারিটি × আণবিক গুরুত্ব = দ্রবণে গ্রাম / লিটার হিসাবে দ্রাবের পরিমাণ।

মোলাল দ্রবণ ও মোলালিটি : কোনও দ্রাবকের 1000 গ্রামের মধ্যে এক গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে মোলাল দ্রবণ বলে।

মোলাল মাত্রায় দ্রবণের শক্তি : 1000 গ্রাম দ্রবণে দ্রাবের যতসংখ্যক গ্রাম-অণু বা মোল দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাকে দ্রবণের মোলালিটি বলে।

$$\text{সুতরাং, মোলালিটি} = \frac{\text{মোলের সংখ্যায় দ্রবীভূত দ্রাবের পরিমাণ}}{\dfrac{\text{গ্রামের হিসাবে দ্রাবকের মোট ওজন}}{\text{1000 গ্রাম}}}$$

সোডিয়াম কার্বনেটের আণবিক গুরুত্ব 106 এবং তাই 106 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3-কে প্রথমে অল্প জলে দ্রবীভূত করিয়া পরে জল ঢালিয়া দ্রবণটির মোট আয়তন 1000 মিলি. করা হইলে এক মোলাল Na_2CO_3 দ্রবণ পাওয়া যায়, কিন্তু 106 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3-কে সরাসরি 1000 গ্রাম অর্থাৎ 1000 মিলি. জলে দ্রবীভূত করিলে পাওয়া যায় Na_2CO_3-এর এক মোলাল দ্রবণ। তাই দ্রাবক জল হইলে মোলার দ্রবণ একই মাত্রার মোলাল দ্রবণ হইতে কিছু বেশি গাঢ় হয়। কোনও দ্রবণের মোলালিটি × আণবিক গুরুত্ব = 1000 গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত দ্রাবের পরিমাণ।

মোলালিটিকে ছোট হরফের ইংরাজী এম অর্থাৎ 'm' চিহ্নের সাহায্যে প্রকাশ করা হয় অর্থাৎ এক মোলালিটির দ্রবণ 1 m, দুই মোলালিটির দ্রবণ 2 m, সেমিমোলাল দ্রবণ $\frac{1}{2}$m বা 0·5 m ইত্যাদি।

মোলার দ্রবণ-সম্পর্কে আধুনিক ধারণা ও ফর্ম্যাল দ্রবণ :

মোল (Mole) শব্দটি প্রথমে গ্রাম-অণু বা গ্রাম-মলিকিউল (gram-molecule) শব্দ হইতে আহরিত এবং সমার্থে ব্যবহৃত হইলেও বর্তমানে এই শব্দটিকে আরও ব্যাপক অর্থে ব্যবহার করা হয় এবং মোল শব্দ দ্বারা অ্যাভোগেড্রো সংখ্যার (অর্থাৎ $6{\cdot}023 \times 10^{23}$) সমসংখ্যক যে-কোনও কণিকার—অণু, পরমাণু বা আয়নের সমষ্টি বা ওজন সূচিত করা হয়। মোল শব্দের তাৎপর্যের সম্প্রসারণের সঙ্গে সঙ্গে স্বভাবতই মোলার দ্রবণের সংজ্ঞাও সম্প্রসারিত হইয়াছে। আধুনিক সংজ্ঞানুযায়ী **এক লিটার আয়তন যে-দ্রবণের মধ্যে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যার সমসংখ্যক কোনও কণিকা (অণু বা আয়ন) দ্রবীভূত থাকে, সেই দ্রবণকে মোলার দ্রবণ বলে।** আমরা জানি যে, বহু লবণ এবং তীব্র তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় উপস্থিত থাকে এবং উহাদের আণবিক সঙ্কেত অনুযায়ী কোন কণিকাকে দ্রবণের মধ্যে খুঁজিয়া পাওয়া যায় না। যেহেতু একটি অণুর আয়নীভবনের ফলে সর্বদা একাধিক আয়ন উৎপন্ন হয়, তাই দ্রবণটির মধ্যে কণিকার সংখ্যা বহুগুণ বাড়িয়া গিয়া প্রকৃত মোলারিটি (আয়নভিত্তিক) সমহারে বাড়াইয়া তোলে। যেমন, NaCl সঙ্কেতের ভিত্তিতে $23+35{\cdot}5=58{\cdot}5$ গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড লইয়া এক লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করিলে, দ্রবণটির মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড অণু হিসাবে N (অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা) সংখ্যক কণিকা উপস্থিত না থাকিয়া N সংখ্যক Na^+ (সোডিয়াম আয়ন) এবং N সংখ্যক Cl^- (ক্লোরাইড) আয়নের মিশ্রণ অর্থাৎ সর্বসাকুল্যে 2N সংখ্যক কণিকা উপস্থিত থাকিবে। $NaCl = Na^+ + Cl^-$।

সুতরাং, দ্রবণটির প্রকৃত মোলারিটি দাঁড়াইবে 2(M) এবং তাহা দ্রবণটির বিভিন্ন ভৌতধর্মের মধ্যে (যেমন, স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন, হিমাঙ্কের অবনয়ন, অস্মোটিক্ চাপ ইত্যাদি) ধরা পড়িবে। এজন্য উপরি-উক্ত দ্রবণটিকে সোডিয়াম ক্লোরাইডের 1 (M) দ্রবণ বলা অযৌক্তিক ও বিভ্রম সৃষ্টিকারক।

ফর্ম্যাল দ্রবণ : উপরি-উক্ত কারণে বর্তমানে ফর্ম্যাল দ্রবণ নামে প্রমাণ দ্রবণের নূতন একটি মাপকাঠি ব্যবহার করা হইতেছে। **এক লিটার দ্রবণের মধ্যে কোনও দ্রাবের এক গ্রাম-সঙ্কেত দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে ফর্ম্যাল দ্রবণ বা 1 F দ্রবণ বলা হয় এবং ফর্ম্যালিটি বলিতে বুঝায় এক লিটার দ্রবণে দ্রাবের যতসংখ্যক গ্রাম-সঙ্কেত দ্রবীভূত আছে সেই সংখ্যাকে।** সুতরাং, NaCl সঙ্কেতের ভিত্তিতে 58·5 গ্রাম (1 গ্রাম-সঙ্কেত) সোডিয়াম ক্লোরাইড লইয়া এক লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করিলে উহার মাত্রাকে বর্তমানে 1 F NaCl অথবা $CuSO_4, 5H_2O$ সঙ্কেতের ভিত্তিতে গ্রাম-সঙ্কেত 249·5 গ্রামের এক-দশমাংশকে (অর্থাৎ 24·95 গ্রাম) দ্রবীভূত করিয়া এক লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করিলে উহার মাত্রাকে $\frac{F}{10}$ $CuSO_4, 5H_2O$ বলা হয়। যদি কোনও যৌগ, সঙ্কেতে ব্যবহৃত আণবিক সত্তায় জলীয় দ্রবণে উপস্থিত থাকে তাহা হইলে

(যেমন $C_6H_{12}O_6$ অর্থাৎ গ্লুকোজের ক্ষেত্রে) 1 M এবং 1 F সমার্থক হইলেও পূর্বোল্লিখিত আয়নিক যৌগগুলির ক্ষেত্রে তাহা নহে।

$$\text{ফর্ম্যালিটি} = \frac{\text{গ্রাম-সঙ্কেতের সংখ্যায় দ্রবীভূত দ্রাবের পরিমাণ}}{\text{লিটারের সংখ্যায় দ্রবণের আয়তন}}$$

ফর্ম্যালিটি × গ্রাম-সঙ্কেত গুরুত্ব = দ্রবণে গ্রাম / লিটার হিসাবে দ্রাবের পরিমাণ

শতকরা মাত্রা, লিটার প্রতি গ্রাম-মাত্রা ও নর্ম্যালিটির পারস্পরিক সম্পর্ক

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে উপরি-উক্ত তিনটি মাত্রাতেই অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রমাণ দ্রবণের শক্তি প্রকাশিত হয় এবং তাই ইহাদের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক মনে রাখা গুরুত্বপূর্ণ।

নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার = গ্রাম / লিটারে প্রকাশিত দ্রাবের পরিমাণ
= 10 × শতকরা হিসাবে প্রকাশিত দ্রাবের পরিমাণ

বিঃ দ্রঃ দ্রবণের গাঢ়ত্বের শতকরা মাত্রা প্রকাশের অন্য এক একক (যেমন, 100 গ্রাম দ্রাবকে উপস্থিত দ্রাবের ওজন যাহা দ্বারা দ্রাব্যতা প্রকাশ করা হয়) ব্যবহৃত হইলেও অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির ক্ষেত্রে দ্রবণের শতকরা মাত্রা 100 মিলি-লিটার দ্রবণে (সাধারণত জলে) দ্রবীভূত দ্রাবের ওজনকে প্রকাশ করে।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি (Acidimetry and Alkalimetry)

ক্ষারমিতি : যে-প্রণালীতে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে উপযুক্ত নির্দেশকের (indicator) উপস্থিতিতে প্রশমিত করিয়া কোনও অজ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয় করা হয় সেই প্রণালীকে ক্ষারমিতি বলে।

অম্লমিতি : যে-প্রণালীতে প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে উপযুক্ত নির্দেশকের (indicator) উপস্থিতিতে প্রশমিত করিয়া কোনও অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষারের মাত্রা নির্ণয় করা হয়। সেই প্রণালীকে অম্লমিতি বলে।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : অনেকে উপরি-উক্ত সংজ্ঞার ঠিক বিপরীত সংজ্ঞা ব্যবহার করেন এবং প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয়ের প্রণালীকে অম্লমিতি এবং প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে ক্ষারের মাত্রা নির্ণয়ের প্রণালীকে ক্ষারমিতি আখ্যা দেন।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে ব্যবহৃত কয়েকটি উল্লেখযোগ্য শব্দ

(i) প্রশমন (Neutralisation) : তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় যখন লবণ ও জল উৎপন্ন হয় এবং কোনও বিক্রিয়কই অতিরিক্ত থাকে না, তখন সেই বিক্রিয়াকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে। সনাতন মতানুযায়ী প্রশমন বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের হাইড্রোজেনমূলক ক্ষার বা ক্ষারকের হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইডমূলকের সহিত যুক্ত হইয়া জলে পরিণত হয় এবং ক্ষার বা ক্ষারকের অবশিষ্টাংশ (অর্থাৎ

ক্ষারকীয় মূলক) ও অ্যাসিডের অবশিষ্টাংশ (অর্থাৎ অ্যাসিডমূলক) পরস্পর সংযুক্ত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{ক্ষার}}{NaOH}+\underset{\text{অ্যাসিড}}{HCl}=\underset{\text{লবণ}}{NaCl}+\underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{MgO}+\underset{\text{অ্যাসিড}}{H_2SO_4}=\underset{\text{লবণ}}{MgSO_4}+\underset{\text{জল}}{H_2O}$$

আয়নবাদ অনুযায়ী প্রশমনের অর্থ অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়নের সহিত ক্ষারের হাইড্রক্সিল আয়নের সংযুতির ফলে অবিয়োজিত জলের অণুর উৎপত্তি।

যেমন, $$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$NaOH \rightleftharpoons Na + OH^-$$
$$NaOH+HCl=\underset{\text{লবণ}}{[Na^+ + Cl^-]}+H_2O$$

প্রশমন বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়ক অ্যাসিডের মধ্যে যত সংখ্যক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড থাকে, বিক্রিয়ক ক্ষারের মধ্যেও ঠিক তত সংখ্যক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার থাকে, না থাকিলে মিশ্রণটি সম্পূর্ণ প্রশমিত হইবে না। ধরা যাক, V_1 লিটার $S_1(N)$ মাত্রার অ্যাসিডকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে V_2 লিটার $S_2(N)$ মাত্রার ক্ষারের প্রয়োজন হইল। এখন নর্ম্যাল দ্রবণের সংজ্ঞানুসারে

1 লিটার 1 (N) দ্রবণে উপস্থিত দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা 1

∴ V_1 " " " " " " " V_1

V_1 " $S_1(N)$ " " " " " V_1S_1

অনুরূপভাবে V_2 লিটার $S_2(N)$ দ্রবণে উপস্থিত দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা V_2S_2। এখন প্রশমন বিক্রিয়ার শর্তানুযায়ী

অ্যাসিডে উপস্থিত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা=ক্ষারে উপস্থিত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$$\therefore \quad V_1S_1 = V_2S_2$$

লক্ষণীয় এই যে, উপরি-উক্ত সমীকরণ দ্রবণের আয়তনের এককের উপর নির্ভরশীল নয়, অবশ্য যদি অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের আয়তনই একই এককে প্রকাশিত হয়। সুতরাং প্রশমন বিক্রিয়াকালে ব্যবহৃত অ্যাসিড ও ক্ষারের দ্রবণের আয়তন মিলিলিটারে প্রকাশিত হইলেও $V_1S_1=V_2S_2$ সমীকরণকে একইরূপে ব্যবহার করা চলে। কিন্তু আয়তনের একক পরিবর্তন করিলে আয়তন ও নর্ম্যালিটির গুণফলের মর্মার্থ পরিবর্তিত হয়। যেমন, S নর্ম্যাল দ্রবণের আয়তন V লিটার হইলে উহার মধ্যে উপস্থিত থাকে VS গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা দ্রাব কিন্তু S নর্ম্যাল দ্রবণের আয়তন V মিলিলিটার হইলে উহার মধ্যে উপস্থিত থাকে VS মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা দ্রাব। তুল্যাঙ্কভারকে মিলিগ্রামে প্রকাশ করিলে মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্কভার বা মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলা হয়। ∴ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক=1000 মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক এবং 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা=1000 মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা।]

(ii) টাইট্রেশন (Titration)ঃ যে-পদ্ধতির সাহায্যে কোনও দ্রবণের

কত আয়তন অন্য একটি দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতেছে, তাহা নিরূপণ করিয়া দ্রবণ দুইটির কোনও একটির জ্ঞাত মাত্রার ভিত্তিতে অন্যটির মাত্রা নির্ণয় করা হয়, সেই পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বলে।

(iii) সমাপ্তিক্ষণ (End point) : একটি ক্ষার দ্রবণকে একটি অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা অথবা একটি অ্যাসিড দ্রবণকে একটি ক্ষার দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেসান-করিবার সময় যে-মুহূর্তে প্রশমন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় এবং নির্দেশক ব্যবহৃত হইলে উহার বর্ণের অকস্মাৎ পরিবর্তন দ্বারা দৃষ্টিগ্রাহ্য হইয়া ধরা পড়ে, সেই মুহূর্তকে সমাপ্তিক্ষণ বলে।

(iv) নির্দেশক বা সূচক (Indicator) : যে-সকল রাসায়নিক পদার্থ আয়তনমাত্রিক রাসায়নিক বিশ্লেষণকালে উপস্থিত থাকিয়া বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা সমাপ্তিক্ষণ (End point) নির্দেশ করে তাহাদের নির্দেশক বা সূচক বলে। এই সব নির্দেশকের মধ্যে যাহারা অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়াকালে উপস্থিত থাকিয়া বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা প্রশমন বিক্রিয়ার সমাপ্তিক্ষণ নির্দেশ করে, তাহাদের অ্যাসিড-ক্ষারক নির্দেশক বা প্রশমন নির্দেশক (Acid-basic indicator or Neutralisation indicator) বলে।

প্রশমন নির্দেশকগুলি সাধারণত সিউডো-অ্যাসিড (Pseudo-acid) বা সিউডো-ক্ষারক (Pseudo base) যাহারা বিপরীতধর্মী দ্রবণে সংযুতি সঙ্কেত পরিবর্তিত করিয়া সত্যকার অ্যাসিড ও ক্ষারকের গঠনলাভ করে এবং আয়নিত হইয়া যায়। সিউডো-অ্যাসিড বা সিউডোক্ষারকের অবিয়োজিত অণুর বর্ণ এবং সত্যকার অ্যাসিড বা সত্যকার ক্ষারকের (অথবা সংশ্লিষ্ট অ্যানায়ন বা ক্যাটায়নের) বর্ণ বিভিন্ন। তাই এই সব নির্দেশকের অ্যাসিড দ্রবণে একপ্রকার এবং ক্ষার দ্রবণে অন্যপ্রকার বর্ণ উদ্ভূত হয়। আর তাহা দেখিয়া প্রশমন বিক্রিয়াকালে সমাপ্তিক্ষণ নিরূপণ করা যায়।

কিন্তু সর্বপ্রকার নির্দেশককে নির্বিচারে সর্বপ্রকার অ্যাসিড ক্ষার বিক্রিয়ায় ব্যবহার করা যায় না। তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় যে-কোনও নির্দেশক ব্যবহার করা গেলেও তীব্র অ্যাসিড ও দুর্বল ক্ষারের বিক্রিয়ায় কয়েকটি বিশেষ (সিউডোক্ষারক-জাতীয়) নির্দেশক এবং দুর্বল অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়াকালে অন্য (সিউডো-অ্যাসিড জাতীয়) কয়েকটি নির্দেশক ব্যবহার করা হয়। নিম্নে কয়েকটি প্রচলিত নির্দেশকের ব্যবহার ও বিভিন্ন মাধ্যমে উহাদের বর্ণ লিপিবদ্ধ হইল।

নির্দেশক	অ্যাসিড মাধ্যমে বর্ণ	ক্ষার মাধ্যমে বর্ণ	ব্যবহার
যে কোনও	—	—	তীব্র অ্যাসিড—তীব্র ক্ষার বিক্রিয়া
মিথাইল অরেঞ্জ	লাল	হলুদ	তীব্র অ্যাসিড—দুর্বল ক্ষার "
মিথাইল রেড	লাল	হাল্কা হলুদ	তীব্র অ্যাসিড—দুর্বল ক্ষার "
ফিনলথ্যালিন	বর্ণহীন	লাল	দুর্বল অ্যাসিড—তীব্র ক্ষার "
লিট্মাস	লাল	নীল	তীব্র অ্যাসিড—তীব্র ক্ষার "

উপরি-উক্ত নির্দেশকগুলির মধ্যে লিটমাসকে কোনও দ্রবণ ক্ষারীয় অথবা আম্লিক তাহা গুণগতভাবে পরীক্ষার জন্য ব্যবহার করা হইলেও আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণকালে নির্দেশক হিসাবে ইহার ব্যবহার হয় না বলিলেই চলে। অ্যাসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়াকালে সর্বাপেক্ষা অধিক ব্যবহৃত নির্দেশক ফিনলথ্যালিন ও মিথাইল অরেঞ্জ। তবে উভয়েরই সীমাবদ্ধতা আছে এবং তাহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে।

সোডিয়াম কার্বনেট ও বাইকার্বনেট টাইট্রেশনের নির্দেশক ঃ সোডিয়াম কার্বনেট লবণজাতীয় যৌগ হইলেও জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে এবং দ্বি-আম্লিক ক্ষারের মত ব্যবহার করে, তাহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। সোডিয়াম বাইকার্বনেটও আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করিতে এবং ক্ষার হিসাবে বিক্রিয়া করিতে পারে, কিন্তু এক্ষেত্রে অতি অল্পসংখ্যক হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন হয় এবং ক্ষারীয় ধর্ম এত দুর্বল হয় যে, ফিনলথ্যালিন লাল রঙ উৎপন্ন করিতে পারে না। সেজন্য সোডিয়াম বাইকার্বনেট টাইট্রেশনের সময় মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে ফিনলথ্যালিন লাল রঙ উৎপন্ন করিতে পারিলেও নির্দেশক হিসাবে ব্যবহৃত হয় না, কারণ সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে অ্যাসিড দ্রবণ যোগ করিয়া প্রশমিত করার সময় যে-কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা দ্রবণে উপস্থিত অতিরিক্ত সোডিয়াম কার্বনেটকে বাইকার্বনেটে রূপান্তরিত করে এবং সাবধানে টাইট্রেশন করিলে (উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড অশোষিত অবস্থায় গ্যাস হিসাবে নির্গত হইতে না পারিলে) দেখা যায় যে, উপস্থিত সোডিয়াম কার্বনেটের ঠিক অর্ধ তুল্যাঙ্ক প্রশমিত হইলে অবশিষ্ট অর্ধ তুল্যাঙ্ক সোডিয়াম বাইকার্বনেটে রূপান্তরিত হইয়াছে এবং ফিনলথ্যালিনের লাল রঙও অন্তর্হিত হইয়াছে। $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$। কিন্তু ঐ বর্ণহীন দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের কয়েক বিন্দু যোগ করিলে হলুদ বর্ণ উৎপন্ন হইয়া দ্রবণে ক্ষারের উপস্থিতি প্রমাণ করিবে এবং টাইট্রেশন চালাইয়া গেলে দেখা যাইবে যে, পূর্বে ঠিক যত আয়তন অ্যাসিড যোগ করার ফলে ফিনলথ্যালিনের লাল রঙ অন্তর্হিত হইয়াছিল, ঠিক তত আয়তন অ্যাসিড পুনরায় যোগ করিলে মিথাইল অরেঞ্জের হলুদ রঙ অন্তর্হিত হইয়া দ্রবণের বর্ণ অকস্মাৎ লাল হইয়া যাইতেছে। ফিনলথ্যালিন নির্দেশক এইরূপে সোডিয়াম কার্বনেটের অর্ধাংশের প্রশমনকে নির্দেশ করিতে পারে বলিয়া সোডিয়াম কার্বনেট-বাইকার্বনেট মিশ্রণে অথবা সোডিয়াম-কার্বনেট-হাইড্রক্সাইড মিশ্রণের মধ্যে উপাদানগুলির অনুপাত নির্ণয়ের জন্য ফিনলথ্যালিনের ঐ ধর্মকে ব্যবহার করা হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট-সোডিয়াম বাইকার্বনেট মিশ্রণে উপাদানের অনুপাত নির্ণয় ঃ যদি উপরি-উক্ত মিশ্রণের জলীয় দ্রবণকে ফিনলথ্যালিন নির্দেশকের উপস্থিতিতে টাইট্রেশন করিবার সময় x মিলিলিটার S(N) মাত্রার

প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হয় এবং ফিনলথ্যালিনের সমাপ্তিক্ষণ আসিবার পর বর্ণহীন দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করিয়া টাইট্রেশন চালাইয়া গেলে, অতিরিক্ত y মিলিলিটার আয়তন একই অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে :

x মিলিলিটার S (N) অ্যাসিড দ্রবণ ≡ মিশ্রণে উপস্থিত Na_2CO_3-এর অর্ধাংশ,

এবং y মিলিলিটার S(N) অ্যাসিড দ্রবণ ≡ মিশ্রণে উপস্থিত Na_2CO_3-এর অর্ধাংশ
+ মিশ্রণে উপস্থিত সম্পূর্ণ $NaHCO_3$

∴ মিশ্রণে উপস্থিত Na_2CO_3-এর পরিমাণ ≡ $2x$ মিলিলিটার S(N) মাত্রার অ্যাসিড ≡ $2x \times S$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক ≡ $2x \times S \times \cdot 053$ গ্রাম

(∵ Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার = 53)

এবং মিশ্রণে উপস্থিত $NaHCO_3 \equiv (y-x)$ মিলিলিটার S (N) মাত্রার অ্যাসিড
≡ $(y-x)S$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক ≡ $(y-x) \times S \times \cdot 084$ গ্রাম

(∵ $NaHCO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার = 84)

সোডিয়াম কার্বনেট-সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রণে উপাদানের অনুপাত নির্ণয় : যদি উপরি-উক্ত মিশ্রণের জলীয় দ্রবণকে ফিনলথ্যালিন নির্দেশকের উপস্থিতিতে টাইট্রেশন করিবার সময় x মিলিলিটার S(N) মাত্রার প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হয় এবং ফিনলথ্যালিনের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার সমাপ্তিক্ষণ আসিবার পর বর্ণহীন দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করিয়া টাইট্রেশন চালাইয়া গেলে, অতিরিক্ত y মিলিলিটার আয়তন একই অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে :

x মিলিলিটার S(N) অ্যাসিড দ্রবণ ≡ মিশ্রণে উপস্থিত সম্পূর্ণ NaOH +
Na_2CO_3-এর অর্ধাংশ

এবং y মিলিলিটার S(N) অ্যাসিড দ্রবণ ≡ মিশ্রণে উপস্থিত Na_2CO_3-এর অর্ধাংশ

∴ মিশ্রণে উপস্থিত Na_2CO_3-এর পরিমাণ ≡ $2y$ মিলিলিটার S(N) মাত্রার অ্যাসিড
≡ $2y \times S$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক $Na_2CO_3 \equiv 2y \times S \times \cdot 053$ গ্রাম

(∴ Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার = 53)

এবং মিশ্রণে উপস্থিত NaOH-এর পরিমাণ ≡ $(x-y)$ মিলিলিটার S(N)
মাত্রার অ্যাসিড

≡ $(x-y) \times S$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক NaOH ≡ $(x-y) \times S \times \cdot 04$

(∵ NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার = 40)

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির কয়েকটি উল্লেখযোগ্য নিয়ম :

(*i*) নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব লইয়া প্রস্তুত যে-কোনও মাত্রার দ্রবণে দ্রবণের আয়তন × দ্রবণের মাত্রা = ধ্রুবক

∴ 1 মিলিলিটার (N) দ্রবণ ≡ 10 মিলিলিটার $(\frac{N}{10})$ দ্রবণ
≡ 2 মিলিলিটার $(\frac{N}{2})$ দ্রবণ ≡ 5 মিলিলিটার $(\frac{N}{5})$ দ্রবণ
≡ 100 মিলিলিটার $(\frac{N}{100})$ দ্রবণ

সাধারণভাবে, x মিলি. y (N) মাত্রার দ্রবণ $\equiv xy$ মিলি. (N) মাত্রার দ্রবণ
$\equiv y$ মিলিলিটার x(N) মাত্রার দ্রবণ।

উপরি-উক্ত সম্পর্কের সাহায্যে যে-কোনও মাত্রার দ্রবণের আয়তন 1(N) মাত্রার দ্রবণের কত আয়তনের তুল্যাঙ্ক, তাহা নির্ণয় করা যায়।

(ii) একই নর্ম্যালিটির যে-কোনও অ্যাসিড দ্রবণ সম নর্ম্যালিটির যে-কোনও ক্ষার দ্রবণের সহিত সম-আয়তনে বিক্রিয়া করিয়া পরস্পরকে প্রশমিত করে।

এই নিয়ম-অনুযায়ী S(N) মাত্রার V মিলিলিটার যে-কোনও অ্যাসিড দ্রবণ (H_2SO_4, HCl বা HNO_3) S(N) মাত্রার V মিলিলিটার যে-কোনও ক্ষার দ্রবণকে (NaOH, KOH, Na_2CO_3 ইত্যাদি) সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিবে।

(iii) প্রশমন বিক্রিয়াকালে ব্যবহৃত অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন ও নর্ম্যালিটির গুণফল, ব্যবহৃত ক্ষার দ্রবণের আয়তন ও নর্ম্যালিটির গুণফলের সমান হয়।

অর্থাৎ V_1 মিলিলিটার S_1(N) মাত্রার অ্যাসিড V_2 মিলিলিটার S_2(N) মাত্রার ক্ষারকে প্রশমিত করিলে $V_1S_1=V_2S_2$

যখন দুইটি অ্যাসিডের মিশ্রণ দুইটি ক্ষারের মিশ্রণকে প্রশমিত করিবার জন্য ব্যবহার করা হয় তখন প্রশমন বিক্রিয়ার নিয়মানুসারে,—

প্রথম অ্যাসিডে উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা + দ্বিতীয় অ্যাসিডে উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা = প্রথম ক্ষারে উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্কসংখ্যা + দ্বিতীয় ক্ষারে উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা অর্থাৎ $V_1S_1+V_2S_2=V_3S_3+V_4S_4$

যেখানে V_1, V_2, V_3 ও V_4 যথাক্রমে প্রথম অ্যাসিড, দ্বিতীয় অ্যাসিড, প্রথম ক্ষার ও দ্বিতীয় ক্ষারের মিলিলিটারে প্রকাশিত আয়তন এবং S_1, S_2, S_3 ও S_4 যথাক্রমে উহাদের নর্ম্যালিটিতে প্রকাশিত মাত্রা।

(vi) দ্রবণের মাত্রা হ্রাসকরণ: V মিলিলিটার S_1(N) মাত্রার কোনও দ্রবণের মাত্রা হ্রাস করিয়া S_2(N) মাত্রায় পরিণত করিবার জন্য x মিলিলিটার জল যোগ করিবার প্রয়োজন হইলে পূর্বোল্লিখিত নিয়মানুযায়ী

$$V\times S_1=(V+x)\,S_2$$

$$\therefore\ VS_1=VS_2+xS_2 \quad \therefore\ xS_2=VS_1-VS_2$$

$$\therefore\ xS_2=V(S_1-S_2) \quad \therefore\ x=\frac{V(S_1-S_2)}{S_2}$$

কয়েকটি উদাহরণ:

(ক) 25 ml (N) অ্যাসিড দ্রবণ $\equiv$ 12 ml অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার। ক্ষার দ্রবণটিকে (N) মাত্রা করিতে হইবে।

পূর্বোক্ত দ্বিতীয় নিয়মানুযায়ী 25 ml (N) অ্যাসিড $\equiv$ 25 ml (N) ক্ষার

$\therefore$ অজ্ঞাত মাত্রার 12 ml দ্রবণকে 25 ml করার জন্য $(25-12)=13$ ml জল যোগ করিতে হইবে।

(খ) 100 ml 2 (N) অ্যাসিডকে 1·5 (N) করিতে হইবে।

এখানে $100\times2=(100+x)\times1{\cdot}5 \quad \therefore \quad 200=150+1{\cdot}5x$

$\therefore \quad 1{\cdot}5x=50 \quad \therefore \quad x=33{\cdot}3$ ml

অর্থাৎ, 100 ml 2 (N) অ্যাসিডে 33·3 ml জল যোগ করিলে উহার মাত্রা কমিয়া 1·5 (N) হইবে।

(গ) 10 ml $(\frac{N}{2})$ দ্রবণকে $(\frac{N}{5})$ করিতে হইবে।

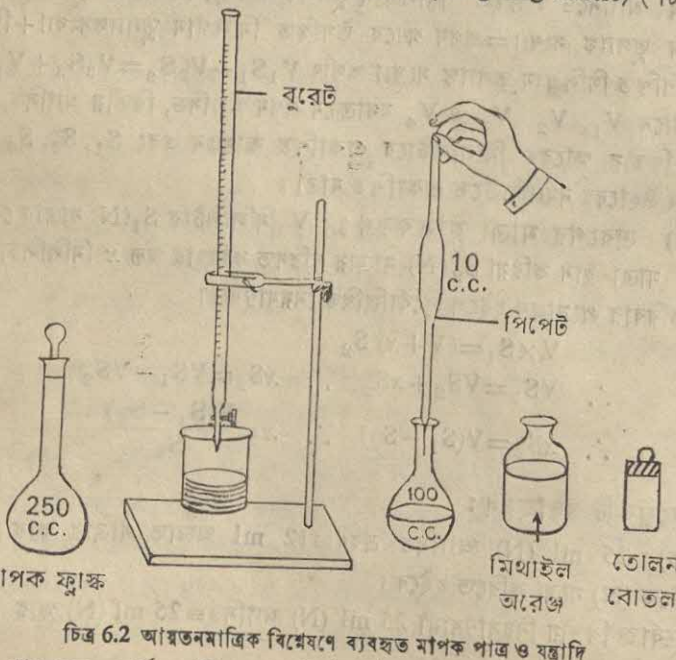
এখানে $10\times\frac{1}{2}=(10+x)\frac{1}{5} \quad \therefore \quad 5=2+\frac{1}{5}x \quad \therefore \quad \frac{1}{5}x=3 \quad \therefore \quad x=15$

অর্থাৎ 10 ml $(\frac{N}{2})$ দ্রবণে 15 ml জল যোগ করিলে উহার মাত্রা কমিয়া $(\frac{N}{5})$ হইবে।

ডেসি নর্ম্যাল সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ প্রস্তুত প্রণালী ঃ

অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের গ্রাম তুল্যাঙ্ক 53 গ্রাম। সুতরাং 5·3 গ্রাম লইয়া এক লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করিলে মাত্রা $\frac{N}{10}$ হইবে। যদি 250 মিলিলিটার $\frac{N}{10}$ দ্রবণ প্রস্তুত করার প্রয়োজন হয় তাহা হইলে 1·325 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেটকে দ্রবীভূত করিতে হইবে।

প্রণালী ঃ প্রথমে একটি তোলন বোতলে (weighing bottle) (চিত্র 6.2)



চিত্র 6.2 আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত মাপক পাত্র ও যন্ত্রাদি

প্রায় দশ গ্রাম শুষ্ক অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট লইয়া রাসায়নিক তুলাদণ্ডের সাহায্যে

সূক্ষ্মভাবে ওজন করা হয়। অতঃপর একটি 250 মিলিলিটার মাপক ফ্লাস্কের মধ্যে ফানেলের মাধ্যমে অল্প অল্প করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট ঢালিয়া তোলন বোতলের কত ওজন কমিতেছে তাহা লক্ষ্য করা হয়। তোলন বোতলের ওজন যখন 1·325 গ্রাম বা উহার খুব কাছাকাছি কমিয়া যায়, তখন সূক্ষ্মভাবে শেষ ওজনটি লওয়া হয়। ইহার পর ফানেলের মাধ্যমে মাপক ফ্লাস্কে এমনভাবে অল্প জল ঢালা হয় যাহাতে ফানেলের গাত্র সংলগ্ন সোডিয়াম কার্বনেট চূর্ণ সম্পূর্ণ ধুইয়া মাপক ফ্লাস্কের মধ্যে চলিয়া যায়। এবার সোডিয়াম কার্বনেটকে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করিবার জন্য মাপক ফ্লাস্কে কাচের ছিপি আঁটিয়া কিছুক্ষণ সাবধানে নাড়িবার পর উৎপন্ন স্বচ্ছ দ্রবণে জল ঢালিয়া দ্রবণের অবতল তলের নিম্নভাগ ফ্লাস্কের গলার মাপক চিহ্ন পর্যন্ত উন্নীত করা হয়। পরিশেষে ছিপি আঁটা অবস্থায় ফ্লাস্কটিকে উল্টাইয়া পাল্টাইয়া ভিতরের দ্রবণটিকে সমসত্ত্ব অবস্থায় আনা হয়।

গুণক (Fartors)ঃ তোলন বোতল হইতে মাপক ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত সোডিয়াম কার্বনেট প্রায়শ অভিপ্রেত গণনানুসারী ওজনের অর্থাৎ এক্ষেত্রে 1·325 গ্রামের সম্পূর্ণ সমান হয় না। যদি ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত সোডিয়াম কার্বনেটের সঠিক ওজন 1·3306 গ্রাম হয় তাহা হইলে প্রস্তুত দ্রবণটির মাত্রা

$$=\frac{\text{দ্রাবের বাস্তব ওজন}}{\text{গণনানুসারী ওজন}}\left(\frac{N}{10}\right)=\frac{1\cdot3306}{1\cdot325}\left(\frac{N}{10}\right)=1\cdot004\left(\frac{N}{10}\right)$$

দ্রাবের বাস্তব ওজন ও গণনানুসারী ওজনের উপরি-উক্ত অনুপাতকে দ্রবণটির মাত্রার গুণক বা ফ্যাক্টর (Factor) বলে। এক্ষেত্রে $(\frac{N}{10})$ Na_2CO_3 দ্রবণটির গুণক 1·004।

আনুমানিক ডেসিনর্ম্যাল মাত্রায় সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি দ্রবণ প্রস্তুতিঃ সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব 98 এবং ইহা দ্বিক্ষারক অ্যাসিড বলিয়া ইহার গ্রাম তুল্যাঙ্ক 49 গ্রাম। সুতরাং, 4·9 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া 1 লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করিলে দ্রবণটির মাত্রা $(\frac{N}{10})$ হইবে। কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিড ঘন অবস্থায় জলাকর্ষী এবং সাধারণত 100% বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহা তরল বলিয়া সরাসরি ওজন পরিমাপ করিবার পরিবর্তে ইহার আয়তন মাপিয়া জ্ঞাত ঘনত্বের সাহায্যে গণনা করিয়া পরোক্ষে ওজন নির্ণয় করাই বেশি সুবিধাজনক।

ধরা যাক, যে-ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া $(\frac{N}{10})$ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে, তাহার বিশুদ্ধতা 97% এবং ঘনত্ব 1·84 গ্রাম/মিলিলিটার। এখন, যদি উপরি-উক্ত ঘন অ্যাসিডের V মিলিলিটারে 4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড উপস্থিত থাকে, তাহা হইলে

$$V\times1\cdot84\times97\%=4\cdot9;\ \text{বা},\ 0\cdot97\times1\cdot84\,V=4\cdot9$$

$$\text{বা},\ 1\cdot78V=4\cdot9\quad\therefore\ V=2\cdot74\ \text{মিলিলিটার।}$$

অতএব, 2·74 মিলিলিটারের সামান্য বেশি 2·8 মিলিলিটার ঘন সালফিউরিক

অ্যাসিড একটি অংশাঙ্কিত পিপেটের সাহায্যে মাপিয়া এক লিটার অর্ধজলপূর্ণ ফ্লাস্কে লওয়া হয় এবং শীতল হইবার পর জল দিয়া ধীরে ধীরে আয়তন বাড়াইয়া ফ্লাস্কের গলার নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করা হয়। এই অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা আনুমানিক $\frac{N}{10}$।

অনেক সময় অন্যভাবে হিসাব করিয়াও আনুমানিক $\frac{N}{10}$ মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা 36N-এর কাছাকাছি। যদি 1000 মিলিলিটার $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 প্রস্তুত করার জন্য উপরি-উক্ত ঘন অ্যাসিডের V মিলিলিটারের প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে

$$V \times 36 = \frac{1}{10} \times 1000 \qquad \therefore \; V = \frac{100}{36} = 2{\cdot}8 \text{ (প্রায়)}$$

∴ 1000 মিলিলিটার $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে 2·8 মিলিলিটার 36N মাত্রার ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হইবে।

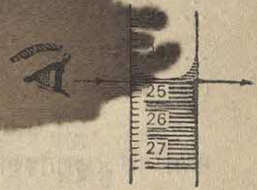
কিন্তু উপরি-উক্ত যে-কোনও উপায়ে প্রস্তুত $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা পুরাপুরি $\frac{N}{10}$ হয় না এবং উহাদের গুণক (factor) জানা না থাকায় সঠিক মাত্রাও অজানা থাকিয়া যায়। জ্ঞাত মাত্রার প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করিয়া এইরূপ দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করা যায় এবং একবার সঠিক মাত্রা নির্ণয় করিতে পারিলে সেই দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ হিসাবে অন্যান্য টাইট্রেশনে ব্যবহার করাও চলে।

প্রাথমিক প্রমাণ পদার্থ ও মাধ্যমিক প্রমাণ পদার্থ (Primary standard substance and secondary standard substance) : অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট, দুই অণু জলযুক্ত অক্সালিক অ্যাসিডের কেলাস ইত্যাদি কয়েক প্রকার পদার্থকে অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় এবং সহজেই ওজন করিয়া সরাসরি জ্ঞাত মাত্রার প্রমাণ দ্রবণে পরিণত করা যায়। এইরূপ পদার্থগুলিকে **প্রাথমিক প্রমাণ পদার্থ (Primary standard substance)** বলে।

আবার সালফিউরিক অ্যাসিড, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ইত্যাদি কয়েক প্রকার পদার্থ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া কঠিন এবং জলাকর্ষী ধর্মের জন্য অথবা অন্যান্য কারণে ইহাদের সঠিক ওজন নির্ণয়ের ক্ষেত্রেও বহু অসুবিধা দেখা দেয়। সেজন্য ইহাদের আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া প্রাথমিক প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন মারফত সঠিক মাত্রা নির্ণয় করা হয়। একবার মাত্রা সঠিকভাবে নির্ণীত হইয়া যাইলে, এইরূপ দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ হিসাবে অন্যান্য টাইট্রেশনের জন্য ব্যবহার করা যায়। এইরূপ দ্রবণে ব্যবহৃত পদার্থগুলিকে **মাধ্যমিক প্রমাণ পদার্থ** (Secondary standard substance) বলে।

প্রমাণ $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণের সাহায্যে আনুমানিক $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণের সঠিক মাত্রা নির্ণয় : প্রথমে একটি পরিষ্কৃত 50 মিলিলিটার বুরেটকে আনুমানিক $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা এমন সাবধানে পূর্ণ করা হয় যাহাতে বুরেটের নিম্নাংশে সংলগ্ন জেটের মধ্যে কোনও বায়ুবুদ্‌বুদ না থাকে এবং দ্রবণের অবতলাকৃতি উপরিতলের নিম্নাংশ বুরেটের শূন্য দাগের সহিত মিলিয়া যায়।

এইবার একটি পিপেটকে প্রমাণ $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণের দ্বারা ধুইয়া পরিষ্কার করার পর, উহার সাহায্যে 10 মিলিলিটার ঐ একই প্রমাণ $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণ সঠিক মাপ অনুযায়ী টানিয়া তুলিয়া ধীরে ধীরে একটি বীকারের মধ্যে স্থানান্তরিত করা হয় এবং দুই তিন ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করিয়া হলুদ বর্ণে রঞ্জিত করা হয়। অতঃপর ঐ দ্রবণসমেত বীকারটিকে বুরেটের নিম্নে স্থাপন করা হয় এবং বুরেটের স্টপকক খুলিয়া বীকারের মধ্যে বিন্দু বিন্দু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। একটি কাচনল দিয়া বীকারের মধ্যস্থিত দ্রবণকে অনবরত নাড়িতে নাড়িতে লক্ষ্য রাখিতে হয় কোন্ মুহূর্তে বীকারের দ্রবণের হলুদ রঙ পরিবর্তিত হইয়া সামান্য গোলাপী-লাল হইয়া উঠে এবং সেই মুহূর্তে স্টপককটি বন্ধ করিয়া দিতে হয়। এবার বুরেটের দাগের সহিত একই আনুভূমিক সরলরেখায় চোখ রাখিয়া বুরেটের ভিতরকার দ্রবণের অবতলাকৃতি তলদেশের নিম্নভাগ কোন্ দাগ পর্যন্ত নামিয়াছে লক্ষ্য করিলে বীকারে স্থানান্তরিত H_2SO_4 দ্রবণের আয়তন পাওয়া যায়। উপর্যুপরি এইরূপ কয়েকবার টাইট্রেশন করিয়া বুরেটের যে-পাঠ একাধিকবার পাওয়া যায় তাহাকেই সঠিক পাঠ বলিয়া গ্রহণ করা হয় (চিত্র 6.2, 6.3)।



6.3 বুরেট পাঠ

গণনা : ধরা যাক, 10 মিলিলিটার 1·01 $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণ ≡ 9·7 মিলিলিটার H_2SO_4 দ্রবণ

এখন, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা S(N) হইলে

$$10\times1{\cdot}01\times\frac{1}{10}=9{\cdot}7S \qquad \therefore\ S=\frac{1{\cdot}01}{9{\cdot}7}={\cdot}104$$

$\therefore$ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা $={\cdot}104\ (N)=1{\cdot}04\ \frac{N}{10}$

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

(ক) দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় সংক্রান্ত :

উদাহরণ 1. নিম্নোক্ত দ্রবণগুলির নর্ম্যালিটি ও মোলারিটিতে মাত্রা নির্ণয় কর।

(i) 250 ml দ্রবণে 1·00 গ্রাম NaOH

(ii) 500 ml দ্রবণে 12·6 gms $(COOH)_2, 2H_2O$ (অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস)

(iii) 250 ml দ্রবণে 2 gms 98% H_2SO_4 [Na=23, C=12, S=32]

সমাধান : (i) 250 ml দ্রবণে 1 gm

$\therefore$ 1000 ml দ্রবণে $\frac{1000}{250}=4$ gms

$\therefore$ গ্রাম / লিটার হিসাবে মাত্রা 4

আমরা জানি, নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার = গ্রাম / লিটার

∴ নর্ম্যালিটি × 40 = 4 (∵ NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার = 40)

∴ নর্ম্যালিটি = $\frac{1}{10}$

∴ নরম্যালিটি হিসাবে দ্রবণটির মাত্রা = $\frac{N}{10}$ বা, 0·1 N

আবার মোলারিটি × আণবিক গুরুত্ব = গ্রাম / লিটার

∴ মোলারিটি × 40 = 4 (∵ NaOH-এর আণবিক গুরুত্ব = 40)

∴ মোলারিটি = $\frac{1}{10}$ ∴ মোলারিটি হিসাবে দ্রবণের মাত্রা $\frac{M}{10}$ বা 0·1 M

(ii) 500 ml দ্রবণে 12·6 gm অর্থাৎ 1000 ml দ্রবণে 25·2 gms

∴ গ্রাম / লিটার হিসাবে মাত্রা 25·2

নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার = গ্রাম / লিটার ∴ নর্ম্যালিটি × 63 = 25·2

[∵ $(COOH)_2$, $2H_2O$-এর তুল্যাঙ্কভার = 63]

$$\therefore \text{ নর্ম্যালিটি} = \frac{25·2}{63} = ·4$$

∴ নর্ম্যালিটি হিসাবে দ্রবণটির মাত্রা = 0·4 N

আবার, মোলারিটি × আণবিক গুরুত্ব = গ্রাম / লিটার

∴ মোলারিটি × 126 = 25·2

[∵ $(COOH)_2$, $2H_2O$-এর আণবিক গুরুত্ব = 126]

$$\therefore \text{ মোলারিটি} = \frac{25·2}{126} = 0·2$$

∴ মোলারিটি হিসাবে দ্রবণের মাত্রা = 0·2 M

(iii) 250 ml দ্রবণে $2 \times \frac{98}{100} = 1·96$ বিশুদ্ধ H_2SO_4

∴ 1000 ml দ্রবণে 7·84 গ্রাম

নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কার = গ্রাম / লিটার ∴ নর্ম্যালিটি × 49 = 7·84

(∵ H_2SO_4-এর তুল্যাঙ্কভার = 49) ∴ নর্ম্যালিটি = $\frac{7·84}{49}$ = 0·16

নর্ম্যালিটি হিসাবে দ্রবণটির মাত্রা = 0·16 (N)

আবার, মোলারিটি × আণবিক গুরুত্ব = গ্রাম / লিটার

∴ মোলারিটি × 98 = 7·84

(∵ H_2SO_4-এর আণবিক গুরুত্ব = 98) ∴ মোলারিটি = $\frac{7·84}{98}$ = 0·08

∴ মোলারিটি হিসাবে দ্রবণটির মাত্রা = 0·08 M

মোলারিটি নির্ণয়ের বিকল্প পদ্ধতি : নর্ম্যালিটি হইতে মোলারিটি অনেক সহজে সরাসরি নিম্নলিখিত সম্পর্কের সাহায্যে পাওয়া যায় :

মোলারিটি × অম্লগ্রাহিতা অথবা ক্ষারগ্রাহিতা = নর্ম্যালিটি

∴ যেহেতু অক্সালিক অ্যাসিড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উভয়েই দ্বিক্ষারিক, তাই উহাদের দ্রবণের মোলারিটি নর্ম্যালিটির অর্ধেক কিন্তু NaOH এক আম্লিক ক্ষার বলিয়া উহার ক্ষেত্রে মোলারিটি ও নর্ম্যালিটি সমান।

উদাহরণ 2. নিম্নোক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে কি পরিমাণ Na_2CO_3 প্রয়োজন হইবে?

(i) 250 c.c. 0·5N Na_2CO_3 ; (ii) 500 c.c. 0·5M Na_2CO_3 ; (iii) 1000 c.c. 5% Na_2CO_3 (Na=23) [H. S. 1980]

সমাধান: সোডিয়াম কার্বনেটের আণবিক গুরুত্ব

$$=2\times23+12+3\times16=106$$

$\therefore$ উহার তুল্যাঙ্কভার=53

(i) নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার=গ্রাম / লিটার

$\therefore$ 0·5 × 53=গ্রাম / লিটার

$\therefore$ সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণটির গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা=26·5

1000 c.c. 0·5N Na_2CO_3 দ্রবণ তৈয়ারীর জন্য প্রয়োজনীয় Na_2CO_3-এর পরিমাণ 26·5 গ্রাম

$\therefore$ 250 " " " " $\frac{26\cdot5\times250}{1000}$ বা, 6·625 গ্রাম

(ii) মোলারিটি × আণবিক গুরুত্ব=গ্রাম/লিটার

$\therefore$ 0·5 × 106=গ্রাম/লিটার

অর্থাৎ 0·5M Na_2CO_3 দ্রবণটির গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা=53

1000 c.c. 0·5M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈয়ারীর জন্য প্রয়োজনীয় Na_2CO_3-এর পরিমাণ=53 গ্রাম

$\therefore$ 500 " " " " " $=\frac{53\times500}{1000}$ বা, 26·5 গ্রাম

(iii) শতকরা মাত্রা × 10=গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা

$\therefore$ 5 × 10=গ্রাম/লিটার এককে মাত্রা

$\therefore$ 1000 c.c. 5% Na_2CO_3 দ্রবণের মধ্যে 50 গ্রাম Na_2CO_3 আছে

$\therefore$ 1000 c.c. 5% Na_2CO_3 দ্রবণ তৈয়ারীর জন্য প্রয়োজন 50 গ্রাম Na_2CO_3-এর

উদাহরণ 3. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির গ্রাম/লিটার এবং শতকরা মাত্রা বাহির কর: (i) 1·5(N) HCl, (ii) $\frac{M}{2}$ H_2SO_4, (iii) 1·01$(\frac{N}{10})$ Na_2CO_3

সমাধান: আমরা জানি, শতকরা মাত্রা × 10=গ্রাম/লিটার=নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার=মোলারিটি × আণবিক গুরুত্ব

HCl-এর তুল্যাঙ্কভার=$\frac{1+35\cdot5}{1}$=36·5 এবং Na_2CO_3-র তুল্যাঙ্কভার

$$=\frac{2\times23+12+3\times16}{2}=\frac{106}{2}=53,$$

H_2SO_4-এর আণবিক গুরুত্ব=2+32+4×16=98

সুতরাং উপরের সমীকরণের প্রয়োজনীয় অংশে জ্ঞাত মানগুলি বসাইয়া দেখা যায়

(i) গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা=1·5 × 36·5=54·75

$\therefore$ শতকরা মাত্রা=5·475

(ii) গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা $=\frac{1}{2}\times 98=49$ $\therefore$ শতকরা মাত্রা $=4\cdot9$

(iii) গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা $=1\cdot01\times\frac{1}{10}\times 53=5\cdot353$

$\therefore$ শতকরা মাত্রা $=0\cdot5353$

উদাহরণ 4. 250 c.c. Na_2CO_3 দ্রবণে 1·338 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকিলে এবং দ্রবণটিকে যথাক্রমে (i) N দ্রবণ, (ii) $\frac{N}{5}$ দ্রবণ, (iii) $\frac{N}{10}$ দ্রবণ এবং (iv) $\frac{N}{20}$ দ্রবণ হিসাবে প্রকাশ করিতে হইলে প্রতিক্ষেত্রে নর্ম্যালিটি-গুণক (Normality factor) কত হইবে?

সমাধান: 250 c.c.-তে দ্রবীভূত আছে 1·338 গ্রাম

$\therefore$ 1000 c.c.-তে আছে 5·352 গ্রাম

নর্ম্যালিটি $\times$ তুল্যাঙ্কভার $=$ গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা

$\therefore$ নর্ম্যালিটি $\times 53=5\cdot352$ ($\because$ Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $=53$)

$\therefore$ নর্ম্যালিটি $=\dfrac{5\cdot352}{53}=\cdot101$ $\therefore$ দ্রবণটির মাত্রা 0·101 N

$=5\times0\cdot101\times\frac{N}{5}=0\cdot505\ \frac{N}{5}$

$=10\times0\cdot101\times\frac{N}{10}=1\cdot01\ \frac{N}{10}$

$=20\times0\cdot101\times\frac{N}{20}=2\cdot02\ \frac{N}{20}$

সুতরাং নর্ম্যালিটি-গুণক যথাক্রমে (i) 0·101, (ii) 0·505, (iii) 1·01, (iv) 2·02।

উদাহরণ 5. (*i*) একটি ল্যাবরেটরী বোতলে 12N HCl বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহা হইতে 20 c.c. 3N HCl কিরূপে তৈয়ারী করিবে?

(ii) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস এক লিটার নর্ম্যাল H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল। এখন মিশ্রণটিকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন 0·1N KOH দ্রবণ লাগিবে? [প্রয়োজন হইলে S=32 এবং N=14 ব্যবহার করিতে পার] [H. S. 1978]

সমাধান: (i) ধরা যাক, 20 c.c. 3N HCl তৈয়ারী করিতে x c.c. 12 N HCl লাগিবে।

অতএব $x\times 12=20\times 3$ $\therefore$ $x=5$

তাহা হইলে 20 c.c. 3N HCl তৈয়ারী করিতে 5 c.c. 12N HCl লাগিবে।

একটি বোতলে 5 c c. উপরি-উক্ত 12NHCl-এর সহিত $20-5=15$ c.c. জল মিশাইলে প্রয়োজনীয় মাত্রা ও আয়তনের অ্যাসিড পাওয়া যাইবে।

(ii) আমরা জানি, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া অর্থাৎ $14+3=17$ গ্রাম অ্যামোনিয়া 22·4 লিটার অধিকার করে

(অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প)

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার অ্যামোনিয়া ≡ 1 গ্রাম-অণু

∴ " " " 5·6 " " $\equiv \frac{5.6}{22.4}$ বা $\frac{1}{4}$ গ্রাম-অণু

$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$ বিক্রিয়া হইতে বুঝা যায় যে, অ্যামোনিয়া এক আম্লিক ক্ষারক হিসাবে বিক্রিয়া করে।

∴ $\frac{1}{4}$ গ্রাম অণু অ্যামোনিয়া ≡ $\frac{1}{4}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষারক

≡ 250 মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক ক্ষারক।

ধরা যাক, প্রশমন বিক্রিয়াটিকে সম্পূর্ণ করিতে x c.c. 0·1N KOH দ্রবণ লাগে। এখন H_2SO_4-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা,

= KOH-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা + NH_3-র মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

∴ $1000 \times 1 = x \times 0.1 + 250$ ∴ $0.1 \times x = 750$ ∴ $x = 7500$

অতএব মিশ্রণটিকে প্রশমিত করিতে 7500 c.c.

অর্থাৎ 7·5 লিটার 0·1N KOH লাগিবে।

উদাহরণ 6. একটি 0·1N NaOH দ্রবণের 25 c.c. একটি HCl দ্রবণের 22·5 c.c.-কে প্রশমিত করে। ঐ দ্রবণের 500 c.c.-তে কতটা জল মিশাইলে উহার নর্ম্যাল মাত্রা 0·1N হইবে? [H. S. 1980]

সমাধান: ধরা যাক HCl দ্রবণটির মাত্রা x(N)

এখন $25 \times 0.1 = 22.5 \times x$ ∴ $x = \frac{2.5}{22.5} = \frac{1}{9}$

∴ HCl দ্রবণটির মাত্রা $\frac{N}{9}$

ধরা যাক, এই দ্রবণের 500 c.c.-তে V c.c. জল মিশাইলে মাত্রা 0·1N হইবে।

অতএব $500 \times \frac{1}{9} = (500 + V) \times 0.1$ ∴ $500 + V = \frac{5000}{9}$

∴ $V = \frac{5000}{9} - 500$ বা, $V = \frac{500}{9} = 55.56$

সুতরাং, 55·56 c.c. জল মিশাইতে হইবে।

উদাহরণ 7. (i) বাণিজ্যিক সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি বোতল 86% সালফিউরিক অ্যাসিড বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহার ঘনত্ব 1·787 g/c.c. হইলে অ্যাসিডের এই দ্রবণের মোলারিটি কত?

(ii) সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের 2 gm একটি নমুনা 50 ml N NaOH দ্রবণে যোগ করা হইল এবং উদ্ভূত বাষ্পে ধৃত সিক্ত লাল লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তন বন্ধ না হওয়া পর্যন্ত ইহাকে ফোটান হইল। এই দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে 20 c.c. N H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ নমুনার মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা ভাগ কত ছিল? [H. S. 1979]

সমাধান: (i) এক লিটার উপরি-উক্ত অ্যাসিডের ওজন,

$1000 \times 1.787 = 1787$ গ্রাম

এবং উহার মধ্যে উপস্থিত বিশুদ্ধ অ্যাসিডের পরিমাণ $\frac{1787 \times 86}{100} = 1536.8$ গ্রাম

H_2SO_4-এর আণবিক গুরুত্ব $= 2 + 32 + 4 \times 16 = 98$

$\therefore$ গ্রাম আণবিক গুরুত্ব=98 গ্রাম

অতএব 1536·8 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে H_2SO_4 গ্রাম-অণুর সংখ্যা $\frac{1536\cdot8}{98}=15\cdot68$

$\therefore$ অ্যাসিডের মোলারিটি অর্থাৎ প্রতি লিটারে উপস্থিত গ্রাম-অণুর সংখ্যা =15·68 এবং মোলারিটি হিসাবে উহার মাত্রা 15·68 M

(ii) প্রশ্নানুযায়ী, NaOH আংশিকভাবে H_2SO_4 দ্বারা এবং আংশিকভাবে NH_4Cl দ্বারা প্রশমিত হইয়াছিল। $NaOH+NH_4Cl=NaCl+H_2O+NH_3$

$$2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$$

$\therefore$ NaOH-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা,

$=NH_4Cl$-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $+H_2SO_4$-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$50\times1=NH_4Cl$-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $+20\times1$

$\therefore$ NH_4Cl-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=50-20$ বা 30

অতএব গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা=0·03

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার,

$$=\frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{(NH_4)\text{ মূলকের সংখ্যা}}=\frac{14+4+35\cdot5}{1}=53\cdot5$$

$\therefore$ NH_4Cl-এর গ্রাম তুল্যাঙ্কভার=53·5 গ্রাম

অতএব 2 গ্রাম নমুনায় উপস্থিত NH_4Cl-এর পরিমাণ,

=গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা × গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার $=\cdot03\times53\cdot5$ গ্রাম $=1\cdot605$ গ্রাম

$\therefore$ NH_4Cl-এর শতকরা ভাগ $\frac{1\cdot605}{2}\times100=80\cdot25$

উদাহরণ 8. 30 ml H_2SO_4 দ্রবণ 6 গ্রাম/লিটার মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণের 25 ml প্রশমিত করে। অ্যাসিডের মাত্রা নর্ম্যালিটি ও গ্রাম/লিটার হিসাবে বাহির কর। [Na=23, C=12, S=32]

সমাধান : Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{2\times23+12+3\times16}{2}=53$

এবং H_2SO_4-এর তুল্যাঙ্কভার $=\frac{2+32+4\times16}{2}=49$

নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার=গ্রাম/লিটার $\therefore$ Na_2CO_3-এর নর্ম্যালিটি $=\frac{6}{53}$

অতএব Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $\frac{6}{53}$ N ; ধরা যাক H_2SO_4-এর মাত্রা xN

$\therefore$ $30x=25\times\frac{6}{53}$ $\therefore$ $x=\frac{25\times6}{30\times53}=\cdot0943$

$\therefore$ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা ·0943(N)

এবং গ্রাম/লিটার হিসাবে $\cdot0943\times49=4\cdot621$ গ্রাম/লিটার

উদাহরণ 9. Na_2CO_3 3% দ্রবণের 21·2 c.c.-কে প্রশমিত করার জন্য 20 c.c. H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। H_2SO_4 দ্রবণটিকে কি করিয়া তুমি $\frac{N}{10}$ দ্রবণে পরিণত করিবে ?

সমাধান : Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= 3\% \equiv 30$ গ্রাম/লিটার $\equiv 30 \times \frac{1}{53}$ (N)
[$\because$ Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $= 53$]

এখন 20 c.c. H_2SO_4 দ্রবণ $\equiv 21\cdot2$ c.c. $\frac{30}{53}$ (N) Na_2CO_3 দ্রবণ
$\equiv 21\cdot2 \times \frac{30}{53}$ c.c. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ
$\equiv 12$ c.c. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ
$\equiv 120$ c.c. $(\frac{N}{10})$ Na_2CO_3 দ্রবণ
$\equiv 120$ c.c. $(\frac{N}{10})$ H_2SO_4 দ্রবণ

অতএব 20 c.c. H_2SO_4 দ্রবণটির সহিত $120-20$ অর্থাৎ 100 c.c. জল যোগ করিলে দ্রবণটি $\frac{N}{10}$ মাত্রায় পরিণত হইবে।

বিকল্প পদ্ধতি : ধরা যাক, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা $= x$(N)

$$\therefore\ 20 \times x = 21\cdot2 \times \tfrac{30}{53} \quad \therefore\ x = \frac{21\cdot2 \times 30}{20 \times 53} = 0\cdot6$$

$\therefore$ দ্রবণটির মাত্রা 0·6 (N)

ধরা যাক, 20 c.c. উক্ত দ্রবণে V c.c. জল যোগ করিলে দ্রবণের মাত্রা $\frac{N}{10}$ হইবে।

$$\therefore\ 20 \times 0\cdot6 = (20+V) \times \tfrac{1}{10} \quad \therefore\ 20+V = 120 \quad \therefore\ V = 100$$

20 c.c. উক্ত H_2SO_4 দ্রবণে 100 c.c. জল যোগ করিলে মাত্রা $\frac{N}{10}$ হইবে।

উদাহরণ 10. বিশুদ্ধ HNO_3 (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·522)-এর কত আয়তন 100 গ্রাম KOH-কে প্রশমিত করিবে ? [K=39]

সমাধান : ধরা যাক, x ml HNO_3 প্রশমনের জন্য প্রয়োজন হইয়াছিল

$\therefore$ উহার ওজন $1\cdot522 \times x$ গ্রাম

এখন KOH-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{39+16+1}{1} = 56$

এবং HNO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{1+14+3\times16}{1} = 63$

প্রশমনের নিয়মানুযায়ী, HNO_3-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা = KOH-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা।

$$\therefore\ \frac{1\cdot522x}{63} \times 1000 = \frac{100 \times 1000}{56}$$

$$\therefore\ x = \frac{100 \times 63}{1\cdot522 \times 56} = 73\cdot91$$

উদাহরণ 11. 100 গ্রাম 1·17 আপেক্ষিক গুরুত্বের HCl দ্রবণে 33·4 গ্রাম HCl থাকে। উক্ত দ্রবণের কত লিটার 10% NaOH দ্রবণের 5 লিটারকে প্রশমিত করিবে ?

সমাধান : 100 গ্রাম HCl দ্রবণের আয়তন $\frac{100}{1\cdot17} = 85\cdot5$ মিলিলিটার

85·5 ml HCl দ্রবণে থাকে 33·4 গ্রাম

$\therefore$ 1000 ml ,, ,, ,, $\frac{33\cdot4}{85\cdot5} \times 1000$ গ্রাম

∴ HCl দ্রবণের মাত্রা $\frac{33\cdot4}{85\cdot5}\times\frac{1000}{36\cdot5}=10\cdot7$ (N)

[∵ HCl-এর তুল্যাঙ্কভার 36·5]

10% NaOH দ্রবণের মাত্রা 100 গ্রাম/লিটার $=\frac{100}{40}=2\cdot5$ (N)

[∵ NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার=40]

∴ যদি প্রশমনের জন্য HCl দ্রবণের x লিটারের প্রয়োজন হয় তাহা হইলে

$x\times10\cdot7=5\times2\cdot5 \quad \therefore \quad x=\frac{12\cdot5}{10\cdot7}=1\cdot168$

উদাহরণ 12. এক লিটার $\frac{N}{10}$ সালফিউরিক অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 3% সোডিয়াম কার্বনেটের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে?

সমাধান: Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $=3\%\equiv30$ গ্রাম/লিটার $\equiv\frac{30}{53}$(N)

[∵ Na_2CO_3র তুল্যাঙ্কভার=53]

ধরা যাক, প্রশমনের জন্য V ml Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হইয়াছিল।

∴ প্রশমনের সমীকরণ অনুযায়ী $V\times\frac{30}{53}=1000\times\frac{1}{10}$

$\therefore \quad V=\frac{1000\times53}{30\times10}=\frac{530}{3}=176\cdot7$

অতএব প্রশমনের জন্য 176·7 ml Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হইবে।

উদাহরণ 13. 10 গ্রাম 95% বিশুদ্ধ NaOH 200 c.c. জলে দ্রবীভূত করিয়া 50 c.c. 1·5 (N) HCl দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রণটিতে আরও জল যোগ করিয়া 500 c.c. আয়তনে পরিণত করিলে উহার মাত্রা কত নর্ম্যাল অ্যাসিড বা ক্ষার হইবে?

সমাধান: 10 গ্রাম 95% NaOH নমুনায় উপস্থিত বিশুদ্ধ NaOH=9·5 গ্রাম $\equiv\frac{9\cdot5}{40}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক (∵ NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার=40)

$\equiv\frac{9\cdot5}{40}\times1000$ বা, $9\cdot5\times25$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক NaOH

50 c.c. 1·5 (N) HCl দ্রবণে উপস্থিত HCl-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$=50\times1\cdot5=75$

∴ মিশ্রণটি ক্ষারীয় হইবে এবং আংশিক প্রশমনের পর উহাতে উপস্থিত NaOH-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা হইবে $9\cdot5\times25-75=237\cdot5-75=162\cdot5$

এখন 500 c.c.-তে লঘু করিবার পর মিশ্রণের নর্ম্যালিটিতে মাত্রা x হইলে

$500\times x=$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=162\cdot5 \quad \therefore \quad x=\frac{162\cdot5}{500}=\cdot325$

∴ মিশ্রণটির নর্ম্যালিটির হিসাবে মাত্রা হইবে 0·325 (N)

উদাহরণ 14. 88 আণবিক গুরুত্বসম্পন্ন একটি অ্যাসিডের 0·75 গ্রাম প্রশমিত করার জন্য 16·6 ml (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হয়। অ্যাসিডটির ক্ষার-গ্রাহিতা কত?

সমাধান ঃ প্রশমনের নিয়মানুযায়ী, অ্যাসিডের মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$=$ক্ষারের মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা$=V\times S=16{\cdot}6\times1$

অতএব অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা$=\frac{16{\cdot}6}{1000}={\cdot}0166$

$\therefore$ অ্যাসিডের ·0166 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যার ওজন 0·75 গ্রাম

$\therefore$ „ 1 „ „ „ „ $\frac{{\cdot}75}{{\cdot}0166}=44$ গ্রাম

$\therefore$ উহার তুল্যাঙ্কভার$=44$

অতএব, অ্যাসিডটির ক্ষারগ্রাহিতা$=\frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{\text{তুল্যাঙ্ক সংখ্যা}}=\frac{88}{44}=2$

উদাহরণ 15. 0·9 গ্রাম ওজনের একটি দ্বিক্ষারিক অ্যাসিডকে প্রশমিত করার জন্য 10 c.c. 2(N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব বাহির কর।

সমাধান ঃ প্রশমনের নিয়মানুযায়ী, অ্যাসিডের মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$=$ক্ষারের মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা$=10\times2=20$

$\therefore$ অ্যাসিডের 20 মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যার ওজন 0·9 গ্রাম

$\therefore$ „ 1000 মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যার (অর্থাৎ 1 গ্রাম তুল্যাঙ্কের)

ওজন$=\frac{0{\cdot}9\times1000}{20}=45$ গ্রাম

অতএব অ্যাসিডটির তুল্যাঙ্কভার$=45$ এবং উহার আণবিক গুরুত্ব$=45\times2=90$

উদাহরণ 16. 25 c.c. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবণ 4·8 গ্রাম/লিটার মাত্রাবিশিষ্ট একটি ক্ষার দ্রবণের 20 c.c.-কে প্রশমিত করে। ক্ষারটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ যদি ক্ষার দ্রবণের মাত্রা x(N) হয় তাহা হইলে প্রশমন সমীকরণ অনুযায়ী, $20\times x=25\times\frac{1}{10}$ $\therefore$ $x=\frac{25}{10\times20}=\frac{1}{8}$ $\therefore$ দ্রবণটির মাত্রা $\frac{N}{8}$

আমরা জানি, নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার$=$গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা

$\therefore$ $\frac{1}{8}\times$তুল্যাঙ্কভার$=4{\cdot}8$ $\therefore$ তুল্যাঙ্কভার$=4{\cdot}8\times8=38{\cdot}4$

উদাহরণ 17. 10 গ্রাম Na_2CO_3, $10H_2O$ কেলাসকে প্রশমিত করার জন্য 50 c.c HCl দ্রবণের প্রয়োজন হয়। কত আয়তন উক্ত HCl দ্রবণকে জলের সাহায্যে লঘু করিয়া এক লিটারে পরিণত করিলে ঠিক 1 (N) দ্রবণ হইবে?

সমাধান ঃ Na_2CO_3, $10H_2O$-এর তুল্যাঙ্কভার

$=\frac{2\times23+12+3\times16+10\times18}{2}=143$

$\therefore$ 10 গ্রাম Na_2CO_3, $10H_2O$-এ উপস্থিত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $\frac{10}{143}$

$\therefore$ „ „ „ „ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা$=\frac{10\times1000}{143}$

ধরা যাক, HCl দ্রবণটির প্রথমে মাত্রা ছিল x (N)

$\therefore$ প্রশমনের নিয়ম অনুযায়ী, HCl-এ উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$=Na_2CO_3,10H_2O$-এ উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$\therefore \quad 50 \times x = \frac{10 \times 1000}{143} \quad \therefore \quad x = \frac{10 \times 1000}{143 \times 50} = \frac{200}{143}$

$\therefore$ HCl দ্রবণটির মাত্রা $\frac{200}{143}$ (N)

এখন যদি উপরি-উক্ত দ্রবণটির V c.c.-কে জলের সাহায্যে লঘু করিয়া 1000 c.c. (N)HCl-তে পরিণত করা হইয়া থাকে তাহা হইলে,

$V \times \frac{200}{143} = 1000 \times 1 \quad \therefore \quad V = \frac{1000 \times 143}{200} = 715$

অতএব, উক্ত HCl দ্রবণের 715 c.c.-কে জলের সাহায্যে লঘু করিয়া এক লিটারে পরিণত করিলে দ্রবণটির মাত্রা ঠিক 1 (N) হইবে।

উদাহরণ 18. 7·3 গ্রাম/লিটার মাত্রার 25 c.c. HCl দ্রবণ 30 c.c. NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করে। আবার এই একই NaOH দ্রবণের 20 c.c. একটি H_2SO_4 দ্রবণের 24 c.c.-কে প্রশমিত করে। H_2SO_4 দ্রবণের নর্ম্যালিটির হিসাবে মাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : HCl দ্রবণের মাত্রা 7·3 গ্রাম/লিটার$=\frac{7 \cdot 3}{36 \cdot 5}$ (N)

বা, 0·2 (N) [$\because$ HCl-এর তুল্যাঙ্কভার$=36 \cdot 5$]

ধরা যাক, NaOH দ্রবণের মাত্রা x (N)

$\therefore$ প্রশমন সমীকরণ অনুযায়ী, $30 \times x = 25 \times \cdot 2 \quad \therefore \quad x = \frac{25 \times \cdot 2}{30}$

$\therefore$ NaOH দ্রবণের মাত্রা $\frac{25 \times 0 \cdot 2}{30}$ (N)

এখন, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা y (N) হইলে

$$24 \times y = 20 \times \frac{25 \times 0 \cdot 2}{30} \quad \therefore \quad y = \frac{20 \times 25 \times 0 \cdot 2}{24 \times 30} = \cdot 1389$$

$\therefore$ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা 0·1389 (N)

উদাহরণ 19. 25 c.c. একটি ক্ষার দ্রবণ 8 c.c. ·75 (N) অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করার পরেও পূর্ণ প্রশমনের জন্য আরও 15 c.c. 0·8 (N) অ্যাসিড দ্রবণ গ্রহণ করিল। ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে একটি ক্ষার দুইটি অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিতেছে।

ধরা যাক, ক্ষার দ্রবণের মাত্রা x N

ক্ষারের মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা=প্রথম অ্যাসিডের মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা+দ্বিতীয় অ্যাসিডের মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$\therefore \quad 25 \times x = 8 \times \cdot 75 + 15 \times \cdot 8 \quad \therefore \quad 25x = 6 + 12 \quad \therefore \quad x = \frac{18}{25}$

$\therefore$ ক্ষার দ্রবণের মাত্রা $\frac{18}{25}$ (N) বা, 0·72 (N)

উদাহরণ 20. সোডিয়াম কার্বনেটের একটি অশুদ্ধিযুক্ত নমুনার 1 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া 250 c.c. আয়তন করা হইল। উক্ত দ্রবণের 50 ml-এর সহিত 50 c.c. 0·1 (N) HCl দ্রবণ মিশ্রিত করিবার পর মিশ্রণটিকে সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করার জন্য 10 ml 0·16 (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। নমুনাটির বিশুদ্ধির শতকরা ভাগ নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ এখানে HCl দ্রবণটিকে Na_2CO_3 ও NaOH-এর দ্রবণ যুক্তভাবে প্রশমিত করিয়াছে।

$\therefore$ HCl-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=Na_2CO_3$-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা + NaOH-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা। Na_2CO_3 দ্রবণটির মাত্রা S(N) হইলে $50\times0{\cdot}1=50\times S+10\times0{\cdot}16$

$\therefore\ 50S=5-1{\cdot}6\quad\therefore\ 50S=3{\cdot}4\quad\therefore\ S=\frac{3{\cdot}4}{50}=0{\cdot}068$

$\therefore$ Na_2CO_3-এর মাত্রা 0·068(N)

এখন, 0·068(N) 250 ml Na_2CO_3-এর মধ্যে Na_2CO_3-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=250\times{\cdot}068=17$

Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $=53$

$\therefore$ Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার $=53$ গ্রাম

$\therefore$ Na_2CO_3-এর 1000 মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্কের ওজন 53 গ্রাম

$\therefore$ " " 17 " " $\frac{53}{1000}\times17=0{\cdot}901$ গ্রাম

অতএব, নমুনার 1 গ্রামের মধ্যে বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর পরিমাণ 0·901 গ্রাম

$\therefore$ " 100 " " " " " 90·1 "

অর্থাৎ নমুনার মধ্যে 90·1% Na_2CO_3 আছে।

উদাহরণ 21. 2·014 গ্রাম চকখড়ি 50 c.c. (N) HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করার পর দ্রবণটিকে প্রশমিত করিতে 10·7 c.c. (N) KOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। চকখড়ির নমুনার মধ্যে $CaCO_3$-এর শতকরা ভাগ কত?

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে, HCl-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা = KOH-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা + $CaCO_3$-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$\therefore$ $50\times1=10{\cdot}7\times1+CaCO_3$-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$\therefore$ $CaCO_3$-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=50-10{\cdot}7=39{\cdot}3$

চকখড়িতে $x\%$ $CaCO_3$ থাকিলে উহার 2·014 গ্রাম নমুনার মধ্যে

$CaCO_3$-এর পরিমাণ $=2{\cdot}014\times\frac{x}{100}$ গ্রাম

$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2+H_2O$ বিক্রিয়া হইতে বুঝা যায় যে, $CaCO_3$-এর অ্যাসিডগ্রাহিতা 2

$\because$ $CaCO_3$-এর আণবিক গুরুত্ব 100 $\therefore$ উহার তুল্যাঙ্কভার $\frac{100}{2}=50$ এবং গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার 50 গ্রাম

$\therefore$ $\frac{2{\cdot}014\times x}{100}$ গ্রাম $CaCO_3$-এর মধ্যে উপস্থিত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$$=\frac{2{\cdot}014\times x}{100\times50}$$

$\therefore$ " " " " " " মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$$=\frac{2{\cdot}014\times x\times1000}{100\times50}$$

অতএব, $\frac{2 \cdot 014 \times x}{5} = 39 \cdot 3 \quad \therefore \quad x = \frac{39 \cdot 3 \times 5}{2 \cdot 014} = 97 \cdot 56$

∴ নমুনায় $CaCO_3$-এর পরিমাণ 97·56%

উদাহরণ 22. 1·8 গ্রাম/সি.সি. ঘনত্বের বাণিজ্যিক H_2SO_4-এর 10 c.c. লইয়া 1 লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। এই দ্রবণের 20 c.c. প্রশমিত করিতে 60 c.c. $(\frac{N}{10})$ NaOH-এর প্রয়োজন হয়। বাণিজ্যিক নমুনাটির শতকরা বিশুদ্ধির পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান: ধরা যাক, লঘু করার পর H_2SO_4-এর মাত্রা দাঁড়াইল S(N)

$\therefore \quad 20 \times S = 60 \times \frac{1}{10} \qquad \therefore \quad S = \frac{60}{20 \times 10}$ বা, 0·3

অতএব, দ্রবণটির মাত্রা $= 0 \cdot 3(N)$

$\equiv 0 \cdot 3 \times 49$ গ্রাম/লিটার

(∵ H_2SO_4-এর তুল্যাঙ্কভার 49)

$= 14 \cdot 7$ গ্রাম/লিটার

∵ দ্রবণটির 1 লিটারের মধ্যে 10 c.c. ঘন H_2SO_4 আছে

∴ 10 c.c. ঘন H_2SO_4-এর মধ্যে 14·7 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 রহিয়াছে। অর্থাৎ, 10×1·8 বা, 18 গ্রাম ঘন H_2SO_4-এর মধ্যে 14·7 বিশুদ্ধ H_2SO_4 রহিয়াছে। (∵ ঘন H_2SO_4-এর ঘনত্ব 1·8 গ্রাম/সি.সি.)

∴ 100 গ্রাম ঘন H_2SO_4-এর মধ্যে $\frac{14 \cdot 7 \times 100}{18}$

বা, 81·67 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 আছে

অতএব, নমুনাটি 81·67% বিশুদ্ধ।

উদাহরণ 23. একটি দ্বিক্ষারিক অ্যাসিডের 1·4175 গ্রাম দ্রবীভূত করিয়া প্রস্তুত 250 c.c. দ্রবণ হইতে 22·5 c.c. ব্যবহার করিয়া 25 c.c. NaOH দ্রবণ প্রশমিত করা হইল। উক্ত NaOH দ্রবণের 10 c.c. প্রশমিত করিতে একটি H_2SO_4 দ্রবণের 8 c.c. প্রয়োজন হয়। প্রথমোক্ত দ্বিক্ষারিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব 126 হইলে H_2SO_4 দ্রবণটির মাত্রা কত?

সমাধান: দ্বিক্ষারিক অ্যাসিডটির তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{2} = \frac{126}{2} = 63$

দ্বিক্ষারিক অ্যাসিডের দ্রবণটির মাত্রা $= \frac{1 \cdot 4175 \text{ গ্রাম}}{250 \text{ c.c.}} = \frac{1 \cdot 4175 \times 4 \text{ গ্রাম}}{1000 \text{ c.c.}}$

$= 5 \cdot 67$ গ্রাম/লিটার

$\equiv \frac{5 \cdot 67}{63}$ (N) বা, ·09 (N)

ধরা যাক, NaOH দ্রবণের মাত্রা x(N)

∴ প্রশমন সমীকরণ অনুযায়ী $25 \times x = 22 \cdot 5 \times \cdot 09$

$\therefore \quad x = \frac{22 \cdot 5 \times \cdot 09}{25} = \cdot 081$

অতএব, NaOH দ্রবণের মাত্রা ·081 (N)

আবার ধরা যাক, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা y (N)

∴ প্রশমন সমীকরণ অনুযায়ী $8 \times y = 10 \times \cdot 081$

$$\therefore \quad y = \frac{10 \times \cdot 081}{8} = \cdot 1012$$

∴ H_2SO_4 দ্রবণটির নর্ম্যালিটি হিসাবে মাত্রা ·1012 (N)

এবং গ্রাম/লিটার হিসাবে মাত্রা $\cdot 1012 \times 49 = 4 \cdot 9588$ গ্রাম/লিটার

উদাহরণ 24. 6·5 গ্রাম/লিটার মাত্রার 20 ml একটি দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড দ্রবণ 22·18 ml NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করে। আবার ঐ একই আয়তনের (অর্থাৎ 20 ml) $\frac{N}{10}$ HCl উপরি-উক্ত NaOH দ্রবণের 21·5 ml প্রশমিত করে। অ্যাসিডটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরা যাক, NaOH দ্রবণের মাত্রা x (N)

∴ প্রশমন সমীকরণ অনুযায়ী $21 \cdot 5 \times x = 20 \times \frac{1}{10}$

$$\text{বা,} \quad x = \frac{20}{21 \cdot 5 \times 10} = \cdot 093$$

∴ NaOH দ্রবণের মাত্রা 0·093 (N)

আবার ধরা যাক, অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব=M

∴ উহার তুল্যাঙ্কভার=$\frac{M}{২}$

অ্যাসিডটির মাত্রা=6·5 গ্রাম/লিটার=$\dfrac{6 \cdot 5}{\frac{M}{২}}$ (N)

যেহেতু 20 ml উক্ত অ্যাসিড 22·18 ml NaOH দ্রবণ প্রশমিত করিয়াছে

$$\therefore \quad 20 \times \frac{6 \cdot 5}{\frac{M}{২}} = 22 \cdot 18 \times 0 \cdot 093$$

∴ $M = \dfrac{20 \times 6 \cdot 5 \times 2}{22 \cdot 18 \times 0 \cdot 093} = 126$ অর্থাৎ অ্যাসিডটির আণবিক গুরুত্ব=126

উদাহরণ 25. 4·74 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত করিয়া 1 লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। এই দ্রবণের 60 ml-কে প্রশমিত করিতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত আয়তন HCl গ্যাস প্রয়োজন হইবে?

সমাধান : NaOH দ্রবণের মাত্রা 4·74 গ্রাম/লিটার≡$\dfrac{4 \cdot 74}{40}$ (N)

[∵ NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার 40]

60 ml $\dfrac{4 \cdot 74}{40}$ (N) NaOH দ্রবণে উপস্থিত HCl-এর মিলিগ্রাম

তুল্যাঙ্ক সংখ্যা=VS=$60 \times \dfrac{4 \cdot 74}{40}$ বা, 7·11

∴ 60 ml $\frac{4 \cdot 74}{40}$(N) NaOH দ্রবণ 7·11 সংখ্যক মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক HCl অর্থাৎ ·00711 সংখ্যক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl প্রশমিত করিবে।

আবার, 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl ≡ 1 গ্রাম অণু HCl এবং উহা প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22400 ml আয়তন অধিকার করে।

∴ ·00711 সংখ্যক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl 22400 × ·00711 ml
বা, 159·3 ml অধিকার করে।

উদাহরণ 26. চুনাপাথরের একটি নমুনায় 60% $CaCO_3$ আছে। এক লিটার (N) NaOH দ্রবণকে Na_2CO_3-তে পরিণত করিতে কত পরিমাণ চুনা-পাথর হইতে প্রয়োজনীয় CO_2 পাওয়া যাইবে ?

সমাধান : 1 লিটার (N) NaOH-এর মধ্যে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH আছে।

∴ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক CO_2-এর সহিত
যুক্ত হইয়া Na_2CO_3 গঠন করে

আবার, 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক CO_2 পাওয়া যায় 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $CaCO_3$ অর্থাৎ
50 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে (∵ $CaCO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার 100/2 = 50)

এখন 60 গ্রাম $CaCO_3$ আছে 100 গ্রাম নমুনায়

∴ 50 „ „ „ $\frac{100 \times 50}{60}$ = 83·3 গ্রাম নমুনায়।

অতএব, প্রয়োজনীয় চুনাপাথরের পরিমাণ = 83·3 গ্রাম

উদাহরণ 27. Na_2CO_3, $NaHCO_3$ এবং NaCl-এর 2 গ্রাম মিশ্রণকে মৃদু উত্তপ্ত করিলে 62 c.c. CO_2 26°C উষ্ণতা এবং 752 mm চাপে নির্গত হয়। 1·6 গ্রাম একই মিশ্রণকে প্রশমিত করিতে 26 c.c. (N) HCl প্রয়োজন হয়। মিশ্রণের উপাদানগুলির শতকরা ভাগ নির্ণয় কর।

সমাধান : মৃদু উত্তাপে উপাদানগুলির মধ্যে কেবলমাত্র $NaHCO_3$ বিয়োজিত হইয়া CO_2 বাহির করে।

আমরা জানি, $= \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ $\left\{ \begin{array}{ll} \text{ধরা যাক, } P_1 = 760 \text{ mm} & P_2 = 752 \text{ mm} \\ T_1 = 273^\circ \text{ k} & T_2 = 26^\circ\text{c} \\ & \quad = 299^\circ \text{ k} \\ V_1 = ? & V_2 = 62 \text{ c.c.} \end{array} \right.$

$\therefore \frac{760V_1}{273} = \frac{752 \times 62 \text{ c c.}}{299}$ $\therefore V_1 = \frac{752 \times 273 \times 62 \text{ c.c.}}{760 \times 299}$
= 56 c.c. N. T. P.-তে

N.T.P.-তে 22400 c.c. CO_2 ≡ 1 গ্রাম-অণু CO_2
≡ 2 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $NaHCO_3$

∴ „ 56 c.c. „ ≡ $\frac{2 \times 56}{22400}$ বা, 0·005 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $NaHCO_3$
≡ 5 মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক $NaHCO_3$
≡ ·005 × 84 বা, 0·42 গ্রাম $NaHCO_3$
(∵ $NaHCO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার 84)

1·6 গ্রাম মিশ্রণ প্রশমিত হয় 26 c.c. (N) HCl দ্বারা

∴ 2 " " " $\frac{26\times2}{1\cdot6}$ c.c. (N) " "

বা, $\frac{26\times2}{1\cdot6}$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক HCl দ্বারা

∵ NaCl অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না

∴ Na_2CO_3-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা + $NaHCO_3$-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা = HCl-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=\frac{26\times2}{1\cdot6}=32\cdot5$

অতএব মিশ্রণে উপস্থিত Na_2CO_3-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=32\cdot5-5=27\cdot5$

∴ " " " " গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা $=\frac{27\cdot5}{1000}=0\cdot0275$

∴ " " " " ওজন

= গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা × গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার

$=\cdot0275\times53$ গ্রাম = **1·4575** গ্রাম

∴ মিশ্রণে NaCl-এর পরিমাণ $=2-1\cdot4575-0\cdot42=\cdot1225$ গ্রাম

অতএব, NaCl-এর% $=\frac{\cdot1225}{2}\times100=6\cdot125\%$

$NaHCO_3$-এর % $=\frac{0\cdot42}{2}\times100=21\cdot00\%$

Na_2CO_3-এর % $=\frac{1\cdot4575}{2}\times72\cdot875\%$

উদাহরণ 28. 2·65 গ্রাম Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করিয়া মিথাইল অরেঞ্জ সূচকের সাহায্যে একটি H_2SO_4 দ্রবণ দিয়া টাইট্রেট করিতে যদি 40·0 ml প্রয়োজন হয় তবে ঐ অ্যাসিড দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত? মিথাইল অরেঞ্জ-এর পরিবর্তে ফিনলথ্যালিন সূচক হিসাবে ব্যবহার করিলে কোনও পার্থক্য ঘটিত কিনা বুঝাইয়া লিখ। [H. S. 1982]

সমাধান : Na_2CO_3-এর আণবিক গুরুত্ব $2\times23+12+3\times16=106$

∴ উহার তুল্যাঙ্কভার $=\frac{106}{2}$ বা 53 এবং গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 53 গ্রাম

2·65 গ্রাম Na_2CO_3-এর মধ্যে উপস্থিত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$$=\frac{2\cdot65}{53}=\frac{265}{53\times100}=\cdot05$$

∴ 2·65 গ্রাম Na_2CO_3-এর মধ্যে উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

$$=\cdot05\times1000=50$$

এখন প্রশমনের নিয়মানুযায়ী, অ্যাসিডে উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

= ক্ষারে উপস্থিত মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক সংখ্যা

∴ অ্যাসিড দ্রবণের নর্ম্যালিটিতে মাত্রা S(N) হইলে,

$$40 \times S = 50 \quad \therefore\ S = \frac{50}{40} = 1{\cdot}25$$

∴ অ্যাসিড দ্রবণটির মাত্রা 1·25(N)

ফিনলথ্যালিন দুর্বল ক্ষারের প্রশমনে ব্যবহারযোগ্য সূচক নয়। $NaHCO_3$-এর মত দুর্বল ক্ষারের দ্রবণে ইহা লাল রঙ (অর্থাৎ ক্ষারীয় দ্রবণে নিজস্ব বৈশিষ্ট্যসূচক রঙ) উৎপন্ন করিতে পারে না। Na_2CO_3 দ্রবণে ফিনলথ্যালিন সূচক দিয়া টাইট্রেসান শুরু করিলে, প্রথমে Na_2CO_3-এর উপস্থিতিতে লাল রঙ উৎপন্ন হইলেও 20 ml অ্যাসিড যোগ করিবার পর, Na_2CO_3-এর অবশিষ্ট অর্ধাংশ প্রথমাংশের প্রশমনের ফলে উদ্ভূত কার্বনিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া $NaHCO_3$-তে রূপান্তরিত হইয়া যাইবে এবং ফিনলথ্যালিনের লাল রঙও অদৃশ্য হইবে।

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2CO_3$$
$$H_2CO_3 + Na_2CO_3 = 2NaHCO_3$$
$$\overline{2Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2NaHCO_3}$$

অতএব মিথাইল অরেঞ্জ-এর পরিবর্তে ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করিলে 20 c.c. H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করিবার পর সমাপ্তিক্ষণ সূচিত হইবে।

উদাহরণ 29. একটি NaOH ও Na_2CO_3 মিশ্রণের দ্রবণ ফিনলথ্যালিন সূচকের উপস্থিতিতে 15 c.c. $\frac{N}{20}$ HCl দ্বারা সমাপ্তিক্ষণে পৌঁছায় কিন্তু একই পরিমাণ মিশ্রণ মিথাইল অরেঞ্জ সূচকের উপস্থিতিতে পৃথকভাবে টাইট্রেসান করিলে সমাপ্তিক্ষণে পৌঁছাইবার জন্য একই অ্যাসিডের 25 c.c. প্রয়োজন হয়। মিশ্রণে NaOH ও Na_2CO_3-এর পরিমাণ বাহির কর।

সমাধান ঃ যেহেতু Na_2CO_3 অর্ধমাত্রায় প্রশমিত হইলে ফিনলথ্যালিনের লাল রঙ অদৃশ্য হয়

∴ মিশ্রণে উপস্থিত সম্পূর্ণ $NaOH + \frac{1}{2} Na_2CO_3 \equiv 15$ c.c. $\frac{N}{20}$ HCl···(1)

কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জের উপস্থিতিতে সম্পূর্ণ Na_2CO_3-এর প্রশমন পর্যন্ত সূচকের ক্ষারীয় বর্ণ থাকে।

∴ সম্পূর্ণ NaOH + সম্পূর্ণ $Na_2CO_3 \equiv 25$ c.c. $\frac{N}{20}$ HCl ······(2)

(2) ও (1) হইতে $\frac{1}{2} Na_2CO_3 \equiv (25-15)$ c.c. $\frac{N}{20}$ HCl বা 10 c.c. $\frac{N}{20}$ HCl

∴ সম্পূর্ণ $Na_2CO_3 \equiv 20$ c.c. $\frac{N}{20}$ HCl দ্রবণ

এবং সম্পূর্ণ $NaOH \equiv 25-20$ বা 5 c.c. $\frac{N}{20}$ HCl

∴ Na_2CO_3-এর পরিমাণ $\equiv 20 \times \frac{1}{20}$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক

$\equiv \frac{1}{1000}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $\equiv \frac{53}{1000}$ গ্রাম

$= 0{\cdot}053$ গ্রাম (∵ Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার 53)

এবং NaOH-এর পরিমাণ $\equiv 5 \times \frac{1}{20}$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক

$\equiv \frac{1}{4000}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $\equiv \frac{1}{4000} \times 40$ গ্রাম

$= 0{\cdot}01$ গ্রাম (∵ NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার 40)

উদাহরণ 30. একটি $NaHCO_3$ মিশ্রিত Na_2CO_3 দ্রবণের 25 c.c.-কে ফিনলথ্যালিন সূচকের উপস্থিতিতে টাইট্রেট করিতে 10 c.c. $(\frac{N}{20})$ HCl লাগে, কিন্তু যদি ঐ 25 c.c. মিশ্রণকে পৃথকভাবে মিথাইল অরেঞ্জ সূচকের উপস্থিতিতে টাইট্রেট করা হয়, তাহা হইলে উপরি-উক্ত একই অ্যাসিড দ্রবণের 25 c.c.-এর প্রয়োজন হয়। মিশ্রণের উভয় উপাদানের মাত্রা গ্রাম/লিটার হিসাবে প্রকাশ কর।

সমাধান ঃ এক্ষেত্রে ফিনলথ্যালিন শুধুমাত্র উপস্থিত Na_2CO_3-এর পরিমাণের অর্ধেককে এবং মিথাইল অরেঞ্জ সম্পূর্ণ Na_2CO_3 এবং সম্পূর্ণ $NaHCO_3$-এর পরিমাণের যোগফলকে প্রকাশ করিবে। অতএব 25 c.c. মিশ্র কার্বনেট দ্রবণে উপস্থিত Na_2CO_3-এর অর্ধেক $\equiv$ 10 c.c. $\frac{N}{20}$ HCl

$\therefore$ 25 c.c.-র মধ্যে সম্পূর্ণ $Na_2CO_3 \equiv 20$ c.c. $\frac{N}{20}$ HCl $\equiv 20 \times \frac{1}{20}$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক $\equiv \frac{1}{1000}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

$\therefore$ ঐরূপ 1000 c.c. দ্রবণের মধ্যে উপস্থিত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $\equiv \frac{1}{1000} \times \frac{1000}{25}$ বা $\frac{1}{25}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $\equiv \frac{53}{25}$ গ্রাম বা 2·12 গ্রাম

আবার, 25 c.c. মিশ্র কার্বনেট দ্রবণের মধ্যে উপস্থিত $NaHCO_3$-এর পরিমাণ
$= Na_2CO_3$ ও $NaHCO_3$-এর মোট পরিমাণ $-$ Na_2CO_3-এর পরিমাণ

$\equiv (25 - 2 \times 10)$ c.c. $\frac{N}{20}$ HCl $\equiv 5$ c.c. $\frac{N}{20}$ HCl

$\equiv 5 \times \frac{1}{20}$ মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক—$\frac{1}{4000}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

$\therefore$ ঐরূপ 1000 c.c. দ্রবণের মধ্যে উপস্থিত $NaHCO_3$-এর পরিমাণ
$\equiv \frac{1}{4000} \times \frac{1000}{25}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বা $\frac{1}{100}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $\equiv \frac{84}{100}$ গ্রাম বা 0·84 গ্রাম

অতএব মিশ্র কার্বনেট দ্রবণের মধ্যে Na_2CO_3-এর মাত্রা 2·12 গ্রাম/লিটার এবং $NaHCO_3$-এর মাত্রা 0·84 গ্রাম/লিটার।

উদাহরণ 31. (a) 1 গ্রাম $CaCO_3$-কে উত্তপ্ত করিয়া চুন তৈরি করা হইল। উৎপন্ন চুনকে 1 লিটার জলে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত?

(b) 25 সি. সি. 0·5 (N) HCl দ্রবণের সহিত 50 সি. সি. 0·8% NaOH মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটি আম্লিক না ক্ষারীয় হইবে? উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা কত হইবে? [H. S. 1981]

সমাধান ঃ (a) $CaCO_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} CaO + CO_2$
100 গ্রাম 56 গ্রাম

100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে উৎপন্ন CaO-এর পরিমাণ = 56

$\therefore$ 1 গ্রাম " " " " " = 0·56

CaO-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{56}{2} = 28$

$\therefore$ 0·56 গ্রাম CaO 1 লিটার জলে দ্রবীভূত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্র

$$= \frac{0{\cdot}56}{28} = 0{\cdot}02 \text{ (N)}$$

(b) $0{\cdot}8\%$ NaOH দ্রবণ $\equiv \frac{0{\cdot}8\times 10}{40} = 0{\cdot}2$ (N) NaOH দ্রবণ

50 সি.সি. $0{\cdot}2$ (N) NaOH $\equiv$ 10 সি.সি. (N) NaOH

25 সি.সি. $0{\cdot}5$ (N) HCl $\equiv 12{\cdot}5$ সি.সি. (N) HCl

$\equiv 12{\cdot}5$ সি.সি. (N) NaOH

কিন্তু দ্রবণে 10 সি.সি. (N) NaOH যোগ করা হইয়াছে।

$\therefore$ মিশ্রণটি আম্লিক হইবে।

$\therefore$ মিশ্রিত করিবার পর দ্রবণে অবশিষ্ট অ্যাসিড

$\equiv (12{\cdot}5 - 10)$ মিলি. বা, $2{\cdot}5$ মিলি. (N) HCl।

দ্রবণটির মোট আয়তন $= (50+25)$ সি.সি. বা, 75 সি.সি.

ধরা যাক, অবশিষ্ট অ্যাসিডের মাত্রা $= x$ (N)

$\therefore \quad x \times 75 = 2{\cdot}4 \times 1$

বা, $x = \frac{2{\cdot}5}{75}$ (N) $= 0{\cdot}033$ (N)

উদাহরণ 32. $Ca(OH)_2$-এর একটি দ্রবণের 100 মিলি.-কে প্রশমিত করিতে 20 মিলি. $0{\cdot}030$ (N) HCl-এর প্রয়োজন। ক্ষারীয় দ্রবণটির মাত্রা নির্ণয় কর। এই দ্রবণের প্রতি লিটারে কত গ্রাম $Ca(OH)_2$ বর্তমান? [H. S. 1983]

সমাধান: ধরা যাক, ক্ষারীয় দ্রবণের মাত্রা x (N)

$$x \times 100 = 20 \times {\cdot}03 \quad \therefore \quad x = \frac{20 \times {\cdot}03}{100} \text{ (N)} = 0{\cdot}006 \text{ (N)}$$

$Ca(OH)_2$-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{40+34}{2} = 37$

$\therefore$ দ্রবণটির প্রতি লিটারে $Ca(OH)_2$-এর পরিমাণ $= 0{\cdot}006 \times 37$ গ্রাম

$= 0{\cdot}222$ গ্রাম

উদাহরণ 33. (a) 1000 সি.সি. জলে 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত করিয়া একটি জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। এই দ্রবণটিকে নর্ম্যাল দ্রবণ বলা যাইতে পারে কিনা তাহা যুক্তি সহকারে লিখ।

(b) $5{\cdot}35$ গ্রাম অবিশুদ্ধ NH_4Cl-এর একটি নমুনা লইয়া অতিরিক্ত ঘন NaOH দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হইল। উৎপন্ন NH_3 গ্যাসকে 120 সি.সি. (N) H_2SO_4-এ সম্পূর্ণভাবে শোষিত করার পর অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 60 সি.সি. $0{\cdot}5$(N) NaOH দ্রবণ লাগিল। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের নমুনাতে শতকরা কতভাগ NH_4Cl আছে? ($N=14$, $Cl=35{\cdot}5$)। [H. S. 1984]

সমাধান: (a) না, নর্ম্যাল দ্রবণ বলা যাইবে না। কারণ, NaOH কঠিন অবস্থায় বিশুদ্ধ থাকে না। উহা বায়ু হইতে জল শোষণ করে। সুতরাং, 40 গ্রাম NaOH-এ বিশুদ্ধ NaOH-এর পরিমাণ 40 গ্রাম অপেক্ষা কম।

(b) 60 সি.সি. 0·5 (N) $NaOH \equiv 30$ সি.সি. (N) $NaOH \equiv 30$ সি.সি. (N) H_2SO_4

∴ অ্যামোনিয়া-কর্তৃক শোষিত অ্যাসিড $\equiv (120-30)$ সি.সি.

বা, 90 সি.সি. (N) $H_2SO_4 \equiv 90$ সি.সি. (N) $NH_3 \equiv 90$ সি.সি. (N) $NH_4Cl \equiv 90 \times 0{\cdot}0535$ গ্রাম $NH_4Cl = 4{\cdot}815$ গ্রাম NH_4Cl

5·35 গ্রাম অবিশুদ্ধ NH_4Cl-এ বিশুদ্ধ NH_4Cl-এর পরিমাণ $= 4{\cdot}815$ গ্রাম

100 " " " $= \dfrac{4{\cdot}815 \times 100}{5{\cdot}35}$

$= 90$ গ্রাম

∴ NH_4Cl-এর নমুনাটিতে বিশুদ্ধ NH_4Cl-এর পরিমাণ 90%

উদাহরণ 34. 0·5 (N) মাত্রার একটি অম্ল দ্রবণের সহিত 0·3 (N) মাত্রার একটি ক্ষার কি আয়তন অনুপাতে মিশ্রিত করিলে দ্রবণটি 0·05 (N) মাত্রার ক্ষারীয় দ্রবণে পরিণত হইবে? [H. S. 1985]

সমাধান: ধরা যাক 0·5 (N) মাত্রার অম্লের x মিলি. 0·3 (N) মাত্রার ক্ষারের y মিলি.-এর সহিত মিশ্রিত করা হইয়াছে।

x মিলি. 0·5 (N) অম্ল $\equiv 0{\cdot}5 \times x$ মিলি. (N) অম্ল

y মিলি. 0·3 (N) ক্ষার $\equiv 0{\cdot}3 \times y$ মিলি. (N) ক্ষার

মিশ্রণের মোট আয়তন $= (x+y)$ মিলি.

যেহেতু মিশ্রণের পর দ্রবণটি ক্ষারীয় হইবে, সুতরাং উদ্বৃত্ত ক্ষার $\equiv$ $(0{\cdot}3 \times y - 0{\cdot}5 \times x)$ মিলি. (N) ক্ষার। প্রশ্নানুসারে

$(x+y) \times 0{\cdot}05 = 0{\cdot}3y - 0{\cdot}5x$ বা, $0{\cdot}05x + 0{\cdot}05y = 0{\cdot}3y - 0{\cdot}5x$

বা, $0{\cdot}45x = 0{\cdot}25y$ ∴ $\dfrac{x}{y} = \dfrac{0{\cdot}25}{0{\cdot}45} = \dfrac{5}{9}$

∴ নির্ণেয় অম্লের আয়তন : ক্ষারের আয়তন $= 5 : 9$

উদাহরণ 35. 16·4 সি.সি. $\frac{N}{10}$ HCl-কে সম্পূর্ণ প্রশমন করিতে একটি NaOH দ্রবণের 10·5 সি.সি. লাগিল। সেই NaOH দ্রবণের 100 সি.সি.-তে কি পরিমাণ জল মিশাইলে ইহা ডেসি. নর্মাল দ্রবণে পরিণত হইবে? [Tripura, 1980]

সমাধান: ধরা যাক্ NaOH দ্রবণের মাত্রা $= x$ (N)

$16{\cdot}4 \times 0{\cdot}1 = 10{\cdot}5 \times x$ ∴ $x = \dfrac{16{\cdot}4 \times 0{\cdot}1}{10{\cdot}5}$ (N) $= 0{\cdot}1562$ (N)

আবার ধরা যাক, প্রদত্ত NaOH দ্রবণের 100 সি.সি.-তে y মিলি. জল যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা 0·1 (N) হইবে

∴ $(100+y) \times 0{\cdot}1 = 100 \times 0{\cdot}1562$ বা, $10 + 0{\cdot}1 \times y = 15{\cdot}62$

বা, $0{\cdot}1 \times y = 5{\cdot}62$ $y = \dfrac{5{\cdot}62}{0{\cdot}1} = 56{\cdot}2$ সি.সি.

∴ প্রদত্ত NaOH দ্রবণের 100 সি.সি.-তে 56·2 সি.সি. জল মিশাইলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা 0·1 (N) হইবে।

উদাহরণ 36. 80 সি.সি. 0·2 (N) H_2SO_4 এবং 20 সি.সি. 0·3 (N) H_2SO_4 মিশ্রিত করিলে মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা কত হইবে? [Tripura, 1981]

সমাধান : 80 সি.সি. 0·2 (N) $H_2SO_4 \equiv 16$ সি.সি. (N) H_2SO_4

20 সি.সি. 0·3 (N) " $\equiv 6$ সি.সি. (N) H_2SO_4

$\therefore$ মিশ্রণের পর উৎপন্ন অ্যাসিড $\equiv (16+6)$ সি.সি. বা, 22 সি.সি. (N)H_2SO_4

মিশ্রণের পর মোট আয়তন $=(80+20)$ সি.সি. $=100$ সি.সি.

ধরা যাক, মিশ্রণের পরে উৎপন্ন অ্যাসিডের মাত্রা $=x$(N)

$100 \times x = 22 \times 1$ বা, $x = 0{\cdot}22$ (N)

উদাহরণ 37. 25 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণ প্রশমিত করিতে 22·5 সি.সি. $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণ দরকার হইল। H_2SO_4 দ্রবণটির (i) নর্ম্যাল মাত্রা ও (ii) উহার এক লিটার দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 আছে তাহা নির্ণয় কর। [Tripura, 1982]

সমাধান : ধরা যাক, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা $=x$ (N)

$\therefore \quad x \times 25 = 22{\cdot}5 \times 0{\cdot}1 \qquad \therefore \quad x = 0{\cdot}09$ (N)

সুতরাং, H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর লিটার প্রতি পরিমাণ

$=0{\cdot}09 \times 49$ গ্রাম $=4{\cdot}41$ গ্রাম

উদাহরণ 38. এক গ্রাম অশোধিত Na_2CO_3 250 সি.সি. জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণ হইতে 50 সি.সি. পরিমাণ দ্রবণ লওয়া হইল এবং তাহাতে 30·4 সি.সি. 0·15 (N) HCl দেওয়া হইল। এই মিশ্রণ প্রশমিত করিতে 10 সি.সি. 0·12 (N) NaOH লাগিল। অশোধিত কার্বনেট দ্রবণটির নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর ও অশোধিত Na_2CO_3-তে বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। [Tripura H. S. 1983]

সমাধান : 10 সি.সি. 0·12 (N) NaOH $\equiv 1{\cdot}2$ সি.সি. (N) NaOH

$\equiv 1{\cdot}2$ সি.সি. (N) HCl। 30·4 সি.সি. 0·15 (N) HCl

$\equiv 30{\cdot}4 \times 0{\cdot}15$ সি.সি. বা, 4·56 সি.সি. (N) HCl

$\therefore$ 50 সি.সি. Na_2CO_3 দ্রবণ $\equiv (4{\cdot}56 - 1{\cdot}2)$ সি.সি.

বা, 3·36 সি.সি. (N) HCl। ধরা যাক্ অশোধিত Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $=x$

$50 \times x = 3{\cdot}36 \times 1 \qquad x = 0{\cdot}0672$ (N)

250 সি.সি. 0·0672 (N) $Na_2CO_3 \equiv 16{\cdot}8$ সি.সি. (N) Na_2CO_3

$\equiv 16{\cdot}8 \times {\cdot}053$ গ্রাম বা, 0·89 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ এক গ্রাম অশোধিত Na_2CO_3-এ বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর পরিমাণ

$=0{\cdot}89$ গ্রাম

উদাহরণ 39. 10 মিলি. 5% NaOH দ্রবণ এবং 10 মিলি. 5% HCl দ্রবণ একত্রে মিশ্রিত করা হইল। মিশানোর পর অ্যাসিড বা ক্ষার যাহা বেশি রহিল তাহার নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর। (Na=23, O=16, Cl=35·5)

[Tripura H. S. 1984]

সমাধান : 5% NaOH দ্রবণ $\equiv \frac{5\times10}{40}$ (N) বা 1·25 (N) NaOH দ্রবণ

5% HCl দ্রবণ $=\frac{5\times10}{36\cdot5}$(N) বা 1·37 (N) HCl দ্রবণ

10 মিলি. 5% NaOH দ্রবণ $\equiv$ 12·5 মিলি. (N) NaOH দ্রবণ

10 মিলি. 5% HCl দ্রবণ $\equiv$ 13·7 মিলি. (N) HCl দ্রবণ

∴ মিশানের পর HCl উদ্বৃত্ত থাকিবে এবং উদ্বৃত্ত HCl = (13·7 − 12·5) মিলি. বা 1·2 মিলি. (N) HCl।

মিশ্রণের পর মোট আয়তন = (10 + 10) মিলি. বা 20 মিলি.

ধরা যাক, এই আয়তনে উদ্বৃত্ত HCl-এর মাত্রা x।

$$x\times20=1\cdot2\times1 \quad \therefore\ x=\frac{1\cdot2}{20}(N)=0\cdot06(N)$$

উদাহরণ 40. 20 মিমি. H_2SO_4 দ্রবণ 21·2 মিলি. 3% NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করে। উক্ত H_2SO_4-এর 1 লিটার দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 আছে? এই H_2SO_4 দ্রবণকে কিরূপে ডেসিনরম্যাল দ্রবণে পরিণত করিবে? [Tripura H. S. 1985]

সমাধান : 3% NaOH দ্রবণ $\equiv \frac{3\times10}{40}$ (N) বা 0·75 (N) NaOH দ্রবণ

ধরা যাক, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা $=x$ (N)

$$20\times x=21\cdot2\times0\cdot75 \quad \therefore\ x=\frac{21\cdot2\times0\cdot75}{20}=0\cdot795\ (N)$$

∴ প্রদত্ত H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর পরিমাণ = 0·795 × 49 গ্রাম/লিটার
= 38·955 গ্রাম/লিটার

ধরা যাক, 100 c.c. 0·1 (N) H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে হইবে

$100\times0\cdot1=0\cdot795\times y$ [y = 0·795 (N) H_2SO_4 দ্রবণের আয়তন]

$$\therefore\quad y=\frac{10}{0\cdot795}=12\cdot6$$

∴ প্রদত্ত অ্যাসিডের 12·6 মিলি. লইয়া জল মিশাইয়া আয়তন 100 মিলি. করিলে 0·1(N) অ্যাসিড উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 41. একটি NaOH দ্রবণের 22·5 c.c.-কে প্রশমিত করিতে 25 c.c. $\frac{N}{10}$ HCl-এর প্রয়োজন হয়। NaOH দ্রবণের 1 লিটারে কি পরিমাণ জল মিশ্রিত করিলে দ্রবণটির মাত্রা ঠিক 0·1(N) হইবে? [J. E. 1978]

সমাধান : ধরা যাক, NaOH দ্রবণের মাত্রা $=x$(N)

$$x\times22\cdot5=25\times0\cdot1 \quad \therefore\ x=0\cdot1111\ (N)$$

আবার ধরা যাক, প্রদত্ত NaOH দ্রবণের 1 লিটারে y c.c. জল মিশ্রিত করিলে দ্রবণটির মাত্রা ঠিক 0·1(N) হইবে।

$$\therefore\ (1000+y)\times0\cdot1=1000\times\cdot1111$$

$$100+0\cdot1\times y=111\cdot1 \quad \text{বা,}\quad 0\cdot1y=11\cdot1$$

$$\therefore \quad y=\frac{11{\cdot}1}{{\cdot}1}=111 \text{ সি.সি.}$$

∴ NaOH দ্রবণের প্রতি লিটারে 111 সি.সি. জল যোগ করিলে 0·1 (N) দ্রবণ পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ 42. একটি লঘু H_2SO_4-এর 90·5 সি.সি.-তে 0·01 গ্রাম-পরমাণু Zn সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটিকে প্রশমিত করিতে আরও 17·5 সি.সি. 0·15 (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। অ্যাসিডটির নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর। উৎপন্ন $ZnSO_4$-এর পরিমাণ কত? (Zn=65·38, S=32·00, O=16·00) [J. E. 1979]

সমাধান : $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$
161·38

1 গ্রাম-পরমাণু Zn ≡ 161·38 গ্রাম $ZnSO_4$

∴ 0·01 " ≡ 1·6138 " "

17·5 c.c. 0·15 (N) NaOH ≡ 17·5 × 0·15 c.c. (N) NaOH

≡ 2·6 c.c. (N) NaOH ≡ 2·6 c.c. (N) H_2SO_4

ধরা যাক, অ্যাসিডটির মাত্রা ≡ x (N)

90·5 c.c. x (N) H_2SO_4 ≡ 90·5 × x c.c. (N) H_2SO_4

∴ 0·01 গ্রাম-পরমাণু Zn, (90·5 x − 2·6) c.c. 1 (N) H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়াছিল। সমীকরণ হইতে পাই,

1 গ্রাম-পরমাণু Zn ≡ 1000 c.c. 2 (N) H_2SO_4

≡ 2000 c.c. 1 (N) H_2SO_4

∴ 0·01 " Zn ≡ 20 c.c. 1 (N) H_2SO_4

প্রশ্নানুসারে, $90{\cdot}5x-2{\cdot}6=20$ বা, $90{\cdot}5x=17{\cdot}4$

$$\therefore \quad x=\frac{17{\cdot}4}{90{\cdot}5}=0{\cdot}19$$

∴ অ্যাসিডটির মাত্রা = 0·19 (N)।

উদাহরণ 43. 1 গ্রাম NaOH জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে 15 c.c. (N) H_2SO_4 যোগ করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটি আম্লিক না ক্ষারীয়? কারণ দাও। [J. E. 1980]

সমাধান : 15 c.c.(N) H_2SO_4 ≡ 15 c.c.(N) NaOH ≡ 15 × 0·04 গ্রাম NaOH ≡ 0·6 গ্রাম NaOH. অর্থাৎ 15 c.c. (N) H_2SO_4 0·6 গ্রাম NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করিবে। কিন্তু ব্যবহৃত NaOH-এর পরিমাণ 1 গ্রাম। ∴ দ্রবণে উদ্বৃত্ত NaOH-এর পরিমাণ 0·4 গ্রাম। সুতরাং উৎপন্ন দ্রবণটি ক্ষারীয় হইবে।

উদাহরণ 44. N. T. P.-তে 1120 সি.সি. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস 265 সি. সি. NaOH দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হইল। বিক্রিয়াশেষে দেখা

গেল যে, উৎপন্ন দ্রবণ তখনও ক্ষারীয় ছিল এবং ইহাকে প্রশমিত করিতে 20 সি.সি. 1·5 $(\frac{N}{10})$ H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজনে হইল। মূল NaOH দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। [J. E. 1981]

সমাধান ঃ 20 সি. সি. $0{\cdot}15(N)H_2SO_4 \equiv 3$ সি.সি. $1(N)$ H_2SO_4
$\equiv 3$ সি.সি. $1(N)$ NaOH

ধরা যাক, মূল NaOH দ্রবণের মাত্রা $x(N)$

265 সি.সি. $x(N)$ NaOH $\equiv 265x$ সি.সি. (N)NaOH

$\therefore$ $(265x-3)$ সি.সি. (N) NaOH 1120 সি.সি. HCl গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া করিয়াছিল

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

22400 সি.সি. HCl গ্যাস $\equiv$ 1000 সি.সি. 1(N) NaOH

$\therefore$ 1120 " " " $\equiv \frac{1000 \times 1120}{22400}$ বা, 50 সি.সি. 1 (N) NaOH

প্রশ্নানুসারে, $265x-3=50$ বা, $265x=53$

$\therefore$ $x=\frac{53}{265}=0{\cdot}2$

$\therefore$ মূল NaOH-এর মাত্রা $=0{\cdot}2$ (N)

উদাহরণ 45. (a) 30 সি.সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণের মধ্য দিয়া N.T.P.-তে কত আয়তন NH_3 গ্যাস পরিচালিত করিলে অ্যাসিডটির মাত্রা 0·2(N)-এ পরিণত হইবে ?

(b) 1·25 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট একটি Na_2CO_3 দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে একটি HCl দ্রবণের 32·9 সি.সি.-র প্রয়োজন হইল। HCl দ্রবণটিতে লিটার প্রতি 109·5 গ্রাম অ্যাসিড ছিল। এই N_2CO_3 দ্রবণের 125 গ্রাম 0·84(N) H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তনকে প্রশমিত করিতে পারিবে ? [J. E. 1982]

সমাধান : (a) 30 সি.সি. 0·2(N) $H_2SO_4 \equiv 6$ সি.সি. (N) H_2SO_4

$\therefore$ $(30-6)$ সি. সি. বা 24 সি.সি. 1 (N) H_2SO_4 NH_3-এর সহিত বিক্রিয়া করিলে অ্যাসিডটির মাত্রা 0·2(N)-এ পরিণত হইবে।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

$\therefore$ 2000 সি.সি. 1(N) $H_2SO_4 \equiv 2 \times 22{\cdot}4$ লিটার NH_3 (N.T.P.-তে)

$\therefore$ 24 সি.সি. 1(N) " $\equiv \frac{2 \times 22400 \times 24}{2000}$ সি.সি. " "

$=537{\cdot}6$ সি. সি NH_3

(b) HCl দ্রবণের মাত্রা $\equiv \frac{109{\cdot}5}{36{\cdot}5}$ $(N)=3(N)$

ধরা যাক, Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $=x$

$$x \times 25 = 32{\cdot}9 \times 3$$

$\therefore$ $x=\frac{32{\cdot}9 \times 3}{25}$ $(N)=3{\cdot}948$ (N)

ধরা যাক, 0·84 (N) H_2SO_4 দ্রবণের নির্ণেয় আয়তন=V c.c.

$$V \times 0{\cdot}84 = \frac{125}{1{\cdot}25} \times 3{\cdot}948(N)$$

$$V = \frac{125 \times 3{\cdot}948}{0{\cdot}84 \times 1{\cdot}25} = 470 \text{ সি.সি.}$$

∴ নির্ণেয় আয়তন=470 সি.সি.

উদাহরণ 46. (a) 100 মিলি. 0·60(M) দ্রবণে 500 মিলি. জল যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মোলার মাত্রা কত হইবে?

(b) এক লিটার জলে জলের মোলসংখ্যা নির্ণয় কর। [J. E. 1983]

সমাধান: (a) ধরা যাক, উৎপন্ন দ্রবণের মোলার মাত্রা x

দ্রবণের মোট আয়তন=(500+100) মিলি.=600 মিলি.

$600 \times x = 100 \times 0{\cdot}6 \quad \therefore \quad x = \frac{60}{600} = 0{\cdot}1$ (M)

(b) এক লিটার জল=1000 গ্রাম জল

জলের আণবিক ওজন=18

∴ 1 লিটার জলে জলের মোলসংখ্যা$=\frac{1000}{18}=55{\cdot}55$

উদাহরণ 47. একটি অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর 5 গ্রামের সহিত 100 মিলি. 1·0 (N) HCl যোগ করা হইল। অতঃপর 25 মিলি. 0·1 (N) NaOH দ্রবণ যোগ করিয়া উদ্বৃত্ত অ্যাসিড প্রশমিত করা হইল। $CaCO_3$-এ অবিশুদ্ধির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [J. E. 1984]

সমাধান: 25 মিলি. 0·1 (N) NaOH দ্রবণ ≡ 2·5 মিলি. (N)

NaOH দ্রবণ ≡ 2·5 মিলি. (N) HCl দ্রবণ ≡ উদ্বৃত্ত HCl দ্রবণ

∴ (100−2·5) মিলি. বা 97·5 মিলি. (N) HCl অশুদ্ধ $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়াছিল।

97·5 মিলি. (N) HCl ≡ 97·5 মিলি. (N) $CaCO_3$ ≡

97·5 × ·05 গ্রাম $CaCO_3$ = 4·875 গ্রাম $CaCO_3$

∴ অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এ অশুদ্ধির পরিমাণ$=\frac{(5-4{\cdot}875)\times 100}{5}\%$

$=2{\cdot}5\%$

উদাহরণ 48. (a) $CuSO_4$-এর 0·1 মোলার দ্রবণে 100 মিলি.-এ Zn দ্বারা প্রতিস্থাপিত কপারের পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

(b) 2 গ্রাম পরিমাণ অবিশুদ্ধ তুঁতে জলে দ্রবীভূত করে 25 মিলি. (N) NaOH মিশাইয়া ফুটানো হল। প্রাপ্ত কালো অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া ও ধৌত করার পর পরিস্রুত ও ধৌত কার্যে ব্যবহৃত জলের প্রশমনের জন্য 15 মিলি. (N) H_2SO_4 দরকার হইলে ঐ লবণে তুঁতের বিশুদ্ধতা শতকরা কত? (Cu=63·5)

[J. E. 1985]

সমাধান ঃ (a) 100 মিলি. 0·1 (M) $CuSO_4 \equiv$ 10 মিলি. 1 (M) $CuSO_4$
$\equiv 10 \times 0{\cdot}1595$ গ্রাম বা 1·595 গ্রাম $CuSO_4$

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$$
159·5 $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ পরমাণু

159·5 গ্রাম $CuSO_4$ হইতে প্রতিস্থাপিত Cu পরমাণুর সংখ্যা $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$
∴ 1·595 " " " " $6{\cdot}023 \times 10^{21}$

(b) 15 মিলি. (N) $H_2SO_4 \equiv$ 15 মিলি. (N) NaOH ≡ উদ্বৃত্ত NaOH
∴ (25 − 15) মিলি. বা 10 মিলি. (N) NaOH, 2 গ্রাম অবিশুদ্ধ তুঁতের সহিত বিক্রিয়া করিয়াছিল।

$$CuSO_4,\ 5H_2O + 2NaOH = Na_2SO_4 + Cu(OH)_2,\ + 5H_2O$$
$$Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$$

∴ 2000 মিলি. 1 (N) NaOH ≡ 249·5 গ্রাম $CuSO_4,\ 5H_2O$

10 মিলি. 1 (N) NaOH $\equiv \frac{249{\cdot}5}{200}$

বা, 1·2475 গ্রাম $CuSO_4,\ 5H_2O$

∴ অবিশুদ্ধ তুঁতে-তে বিশুদ্ধ তুঁতের পরিমাণ $= \frac{1{\cdot}2475 \times 100}{2}\ \%$
$= 62{\cdot}375\%$

উদাহরণ 49. $x\%$ (ওজনগত) H_2O_2 দ্রবণের 1 গ্রামকে অ্যাসিড মাধ্যমে সম্পূর্ণভাবে জারিত করিতে x মিলি. $KMnO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। $KMnO_4$ দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর। (Mn=55) [I. I. T. 1981]

সমাধান ঃ অ্যাসিড মাধ্যমে বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণ অনুসারে ঘটে।

$$\left[\begin{array}{l} 2O^- - 2e \rightarrow 2O \\ Mn^{+7} + 5e \rightarrow Mn^{+2} \end{array}\right]$$

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O \times 5 \quad \cdots \text{(i)}$$
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5O \quad \cdots \text{(ii)}$$
$$O + O \rightarrow O_2 \times 5 \quad \cdots \text{(iii)}$$

$$\overline{2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2}$$

∴ H_2O_2-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = 17$

এবং $KMnO_4$ " $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{5} = 31{\cdot}6$

ধরা যাক্‌, $KMnO_4$ দ্রবণের মাত্রা a (N)

x মিলি. a (N) $KMnO_4 \equiv x$ মিলি. a (N) H_2O_2
$\equiv ax$ মিলি. (N) $H_2O_2 \equiv ax \times 0{\cdot}017$ গ্রাম H_2O_2

1 গ্রাম H_2O_2 দ্রবণে H_2O_2-এর পরিমাণ $\frac{x}{100}$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $ax \times 0{\cdot}017 = \frac{x}{100}$ $\quad \therefore \quad a = \frac{1}{1{\cdot}7} = 0{\cdot}588$ (N)

$\therefore$ নির্ণেয় মাত্রা $= 0{\cdot}588$ (N)

উদাহরণ 50. (a) (i) $MnSO_4, 4H_2O$-কে বায়ুর উপস্থিতিতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে Mn_3O_4 উৎপন্ন হয়।

(ii) কিছু পরিমাণ $MnSO_4, 4H_2O$-এর একটি নমুনাকে বাতাসের উপস্থিতিতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন অবশেষকে 100 মিলি. H_2SO_4 মিশ্রিত 0·1 (N) $FeSO_4$ দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল।

(iii) উৎপন্ন দ্রবণটি একটি $KMnO_4$ দ্রবণের 50 মিলি.-এর সহিত সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করিতে পারে।

(iv) এই $KMnO_4$ দ্রবণটির 25 মিলি., 30 মিলি. 0·1 (N) $FeSO_4$ দ্রবণের সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিতে পারে। মূল নমুনাটিতে $MnSO_4, 4H_2O$-এর পরিমাণ কত ছিল?

(b) ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের 0·5 গ্রামকে জল দ্বারা লঘু করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটিকে প্রশমিত করিতে 26·7 মিলি. 0·4 (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ধূমায়মান অ্যাসিডটিতে মুক্ত SO_3-এর শতকরা পরিমাণ কত ছিল?

[I. I. T. 1980]

সমাধান : (a) 25 মিলি. $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv$ 30 মিলি. 0·1 (N) $FeSO_4$ দ্রবণ

$\therefore$ $KMnO_4$ দ্রবণের মাত্রা $= \frac{30 \times 0{\cdot}1}{25}$ (N) $= 0{\cdot}12$ (N)

50 মিলি. 0·12 (N) $KMnO_4 \equiv$ 6 মিলি. (N) $KMnO_4$

$\equiv$ 6 মিলি (N) $FeSO_4$

100 মিলি. 0·1 (N) $FeSO_4 \equiv$ 10 মিলি. (N) $FeSO_4$

$\therefore$ (10 − 6) মিলি. বা, 4 মিলি. (N) $FeSO_4$ উৎপন্ন Mn_3O_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়াছে।

$$Mn_3O_4 + 2Fe^{++} + 8H^+ \rightarrow 3Mn^{++} + 2Fe^{+++} + 4H_2O$$

4 মিলি. (N) $FeSO_4 \equiv$ 4 মিলি. (N) Mn_3O_4

$\equiv$ 4 মিলি. (N) $MnSO_4, 4H_2O$

$= 4 \times \frac{334{\cdot}5}{1000}$ গ্রাম

$= 4 \times 0{\cdot}3345$ গ্রাম $MnSO_4, 4H_2O$

$= 1{\cdot}338$ " " "

[$\because$ Mn-এর জারণ সংখ্যার পরিবর্তন $+\frac{8}{3}$ হইতে $+2$ হইয়াছে।

$\therefore$ M_3O_4 অথবা, $MnSO_4, 4H_2O$-এর তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে উহাদের আণবিক ওজনের $\frac{3}{2}$ অংশ হইবে।]

(b) এই ক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়া দুইটি হইল

$$2NaOH + SO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O \quad \cdots \quad (i)$$
$$2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O \quad \cdots \quad (ii)$$

ধরা যাক, মুক্ত SO_3-এর পরিমাণ x গ্রাম

$\therefore$ H_2SO_4 „ $(0·5-x)$ গ্রাম

(i) নং সমীকরণ অনুসারে, SO_3-এর তুল্যাঙ্কভার=40

40 গ্রাম SO_3 ≡ 1000 মিলি. (N) NaOH
≡ 2500 মিলি. 0·4 (N) „

$\therefore$ x গ্রাম SO_3 ≡ $\frac{2500 \times x}{40}$ মিলি. 0·4 (N) „
≡ $65·5x$ মিলি. 0·4 (N) „

(ii) নং সমীকরণ অনুসারে,

49 গ্রাম H_2SO_4 ≡ 1000 মিলি. 1 (N) NaOH
≡ 2500 মিলি. 0·4 (N) NaOH

$\therefore$ $(0·5-x)$ গ্রাম „ ≡ $\frac{2500 \times (0·5-x)}{49}$ মিলি. 0·4 (N) NaOH
≡ $51·02(0·5-x)$ মিলি. NaOH

প্রশ্নানুসারে, $62·5x + 25·5 - 51·02\,x = 26·7$

বা, $11·48x = 1·2$ $\therefore$ $x = 0·104$

$\therefore$ SO_3-এর পরিমাণ $= \frac{0·104 \times 100}{0·5} = 20·8\%$

উদাহরণ 51. একটি অ্যারোম্যাটিক যৌগে 69·4% C এবং 5·8% H বর্তমান। যৌগটি লইয়া বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে, ইহার 0·303 গ্রাম হইতে উৎপন্ন NH_3, 50 মিলি. 0·05 (M) H_2SO_4-এ শোষিত করিবার পর উদ্বৃত্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 25 মিলি. 0·1 (M) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। উহার আণবিক ওজন 121। যৌগটির দুইটি সম্ভাব্য গঠন-সঙ্কেত লিখ। [I. I. T. 1982]

সমাধান : 25 মিলি 0·1 (M) NaOH ≡ 25 মিলি. 0·1 (N) NaOH
≡ 2·5 মিলি. 1 (N) „
≡ 2·5 মিলি. 1 (N) H_2SO_4

50 মিলি. 0·05 (M) H_2SO_4 ≡ 50 মিলি. 0·1 (N) „
≡ 5·0 মিলি. 1 (N) „

$\therefore$ $(5-2·5)$ মিলি. বা, 2·5 মিলি. 1 (N) H_2SO_4 উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়াছে।

2·5 মিলি. 1 (N) H_2SO_4 ≡ 2·5 মিলি. 1 (N) NH_3
≡ 2·5 × ·017 গ্রাম NH_3

বা, $0{\cdot}0425$ গ্রাম NH_3

$$\equiv\frac{14\times0{\cdot}0425}{17} \text{ গ্রাম নাইট্রোজেন}$$

$$=0{\cdot}035 \text{ গ্রাম নাইট্রোজেন}$$

$\therefore$ যৌগটিতে নাইট্রোজেন-এর পরিমাণ$=\frac{0{\cdot}035\times100}{0{\cdot}303}=11{\cdot}55\%$

যৌগটিতে $C:H:N:O=\frac{69{\cdot}4}{12}:\frac{5{\cdot}8}{1}:\frac{11{\cdot}55}{14}:\frac{13{\cdot}25}{16}$

$$=5{\cdot}8:5{\cdot}8:0{\cdot}825:0{\cdot}828$$

$$=7:7:1:1$$

$\therefore$ যৌগটির স্থূল সঙ্কেত C_7H_7NO এবং আণবিক সঙ্কেত $(C_7H_7NO)_x$

$\therefore$ $(84+7+14+16)x=121$ বা, $x=1$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সঙ্কেত$=C_7H_7NO$

সম্ভাব্য গঠন-সঙ্কেত (1) C_6H_5-C-H
||
: N−OH

(2) C_6H_5-C-H
||
HO−N :

উদাহরণ 52. একটি দ্রবণে Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর মিশ্রণ বর্তমান। ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করিয়া মিশ্রণটির 10 মিলিলিটারকে প্রশমিত করিতে $2{\cdot}5$ মিলি. $0{\cdot}1$ (M) H_2SO_4 লাগিল। অতঃপর মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করিলে আরও $2{\cdot}5$ মিলি. $0{\cdot}2$ (M) H_2SO_4-এর প্রয়োজন হইল। দ্রবণটির 1 লিটারে Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর পরিমাণ কত? [I. I. T. 1979]

সমাধান : $2{\cdot}5$ মিলি. $0{\cdot}1$ (M) $H_2SO_4\equiv2{\cdot}5$ মিলি. $0{\cdot}2$ (N) H_2SO_4

$2{\cdot}5$ মিলি. $0{\cdot}2$ (M) $H_2SO_4\equiv2{\cdot}5$ মিলি. $0{\cdot}4$ (N) "

$\equiv5$ মিলি. $0{\cdot}2$ (N) "

Na_2CO_3-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে $0{\cdot}2$ (N) H_2SO_4-এর আয়তন

$=2\times2{\cdot}5$ মিলি.$=5$ মিলি.

($\because$ ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করিলে Na_2CO_3-এর অর্ধেক প্রশমিত হইলে রঙের পরিবর্তন হয়।)

$5\times0{\cdot}2=10\times S$ [$S=Na_2CO_3$ দ্রবণের মাত্রা]

$$S=\frac{5\times0{\cdot}2}{10}=0{\cdot}1 \text{ (N)}$$

$\therefore$ Na_2CO_3-এর পরিমাণ লিটার প্রতি $53\times0{\cdot}1=5{\cdot}3$ গ্রাম

ব্যবহৃত মোট অ্যাসিড$\equiv(5+2{\cdot}5)$ মিলি. বা $7{\cdot}5$ মিলি. $0{\cdot}2$ (N)

Na_2CO_3-কে প্রশমিত করিতে 5 মিলি. অ্যাসিড প্রয়োজন হইয়াছে।

$\therefore$ $NaHCO_3$-কে প্রশমিত করিতে 2·5 মিলি. অ্যাসিড লাগিয়াছে।

$$2{\cdot}5\times0{\cdot}2=10\times x \quad [x=NaHCO_3\text{-এর মাত্রা}]$$

$$\therefore\ x=\frac{2{\cdot}5\times0{\cdot}2}{10}={\cdot}05\ (N)$$

$\therefore$ $NaHCO_3$-এর লিটার প্রতি পরিমাণ $=0{\cdot}05\times84$ গ্রাম $=4{\cdot}2$ গ্রাম

উদাহরণ 53. $FeSO_4$, $7H_2O$ এবং $Fe_2(SO_4)_3$, $9H_2O$-এর মিশ্রণের 5·5 গ্রামকে সম্পূর্ণ জারিত করিতে 5·4 মিলি. 0·1(N) $KMnO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। মিশ্রণটিতে $Fe_2(SO_4)_3$, $9H_2O$-এর পরিমাণ মোলে বাহির কর। [I. I. T. 1979]

সমাধান : $FeSO_4$, $7H_2O$ তুল্যাঙ্কভার $=55{\cdot}9+32+64+126$
$=278$ $(Fe^{++}\rightarrow Fe^{+++}+e)$

5·4 মিলি. 0·1 (N) $KMnO_4$ ≡ 0·54 মিলি. 1 (N) $KMnO_4$
≡ 0·54 মিলি. 1 (N) $FeSO_4$, $7H_2O$
≡ $0{\cdot}54\times0{\cdot}278$ গ্রাম "
≡ 0·15 গ্রাম "

$\therefore$ মিশ্রণটিতে $Fe_2\ (SO_4)_3\ 9\ H_2O$-এর পরিমাণ,
$=5{\cdot}5-0{\cdot}15=5{\cdot}35$ গ্রাম

$$\therefore\ Fe_2(SO_4)_3\ 9H_2O\text{-এর মোলসংখ্যা}=\frac{5{\cdot}35}{2\times56+3(32+64)+9\times18}$$

$$=\frac{5{\cdot}35}{562}=0{\cdot}952$$

উদাহরণ 54. 1·787 গ্রাম/মিলি. ঘনত্ববিশিষ্ট একটি বাণিজ্যিক সালফিউরিক অ্যাসিডের বোতলে লেখা আছে 86% (ওজনগত)। অ্যাসিডটির মোলারিটি কত? 1 লিটার 0·2 (M) H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে এই অ্যাসিডের কত আয়তন লইতে হইবে? [I. I. T. 1979]

সমাধান : 100 গ্রাম অ্যাসিড দ্রবণে বিশুদ্ধ অ্যাসিডের পরিমাণ $=86$ গ্রাম

বা, $\frac{100}{1{\cdot}787}$ মিলি. বা 55·96 মিলি. " " $=86$ গ্রাম

$\therefore$ 1000 মিলি. অ্যাসিড দ্রবণে বিশুদ্ধ অ্যাসিডের পরিমাণ,

$$=\frac{86\times1000}{55{\cdot}96}\text{ গ্রাম}=1536{\cdot}8\text{ গ্রাম}$$

$$\text{অ্যাসিডটির মোলারিটি}=\frac{1536{\cdot}8}{98}=15{\cdot}68$$

ধরা যাক, 1 লিটার 0·2 (M) অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে প্রদত্ত অ্যাসিডটির V লিটার লইতে হইবে।

$$\therefore\ V\times15{\cdot}68=1\times0{\cdot}2$$

$$V=\frac{0{\cdot}2}{15{\cdot}68}=0{\cdot}01275\text{ লিটার}$$

∴ 12·75 মিলিলিটার অ্যাসিডের সহিত অবশিষ্ট জল মিশাইয়া 1000 মিলি. করিতে হইবে।

উদাহরণ 55. 13% H_2SO_4 (ওজনগত)-এর মোলার মাত্রা এবং মোলাল মাত্রা কত? ইহার ঘনত্ব 1·090 গ্রাম/মিলি.। এই অ্যাসিডের 100 মিলি.-এ জল মিশাইয়া আয়তন কত করিলে উৎপন্ন অ্যাসিডের মাত্রা 1·5 (N) হইবে?

[I. I. T. 1978]

সমাধান : H_2SO_4-এর আণবিক ওজন=98 এবং তুল্যাঙ্কভার=49

100 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবণে বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর পরিমাণ 13 গ্রাম

বা, $\frac{100}{1·090}$ মিলি. বা, 91·74 মিলি.……13 গ্রাম

∴ 1000 মিলি.-এ বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর পরিমাণ,

$$=\frac{13\times1000}{91·7}=141·77 \text{ গ্রাম}$$

∴ নির্ণেয় মোলার মাত্রা $=\frac{141·77}{98}=1·45$

আবার, 1000 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবণে বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর পরিমাণ 130 গ্রাম

∴ জলের পরিমাণ=(1000−130)=870 গ্রাম

870 গ্রাম দ্রাবকে অ্যাসিডের পরিমাণ=130 গ্রাম

1000 „ „ „ „ $=\frac{130\times1000}{870}=149·42$ গ্রাম

∴ নির্ণেয় মোলাল মাত্রা $=\frac{149·42}{98}=1·525$

প্রদত্ত অ্যাসিডের মাত্রা=1·45 (M)=2·9 (N)

ধরা যাক, 100 মিলি.-এ x মিলি. জল যোগ করিলে উৎপন্ন অ্যাসিডের মাত্রা 1·5 (N) হইবে।

$$(100+x)\times1·5=100\times2·9 \quad \text{বা,} \quad x=93·3$$

∴ প্রদত্ত অ্যাসিডের 100 মিলি.-এ 93·3 মিলি. জল যোগ করিলে উৎপন্ন অ্যাসিডের মাত্রা 1·5 (N) হইবে।

উদাহরণ 56. 30°C উষ্ণতা এবং 0·2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 2 লিটার NH_3 একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 134 মিলি.-কে প্রশমিত করিতে পারে। অ্যাসিডটির নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর। [I. I. T. 1978]

সমাধান : ধরা যাক, প্রদত্ত শর্তে 2 লিটার NH_3-এর N. T. P.-তে আয়তন V লিটার।

∴ $\frac{V\times1}{273}=\frac{2\times0·2}{303}$ ∴ V=0·36 লিটার

$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$

$\therefore$ $2\times22{\cdot}4$ লিটার $NH_3 \equiv 1000$ মিলি. 2 (N) H_2SO_4

$\therefore$ $0{\cdot}36$,, ,, $\equiv \frac{1000\times0{\cdot}36}{2\times22{\cdot}4}$ মিলি. 2 (N) H_2SO_4

$\equiv 8$ মিলি. 2 (N) H_2SO_4

ধরা যাক, প্রদত্ত অ্যাসিডর মাত্রা x(N)

$\therefore$ $134\times x=8\times2$ $\therefore$ $x=\frac{16}{134}=0{\cdot}12$

$\therefore$ অ্যাসিডটির নির্ণেয় মাত্রা $=0{\cdot}12$ (N)

উদাহরণ 57. BaO এবং একটি অজ্ঞাত কার্বনেট MCO_3-এর মিশ্রণের 4·08 গ্রামকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন অবশেষের ওজন 3·64 গ্রাম। এই অবশেষকে 100 মিলি. 1 (N) HCl-এ দ্রবীভূত করা হইল। অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 16 মিলি. 2·5 (N) NaOH প্রয়োজন হইল। M ধাতুকে সনাক্ত কর। (Ba=138) [I. I. T. 1983]

সমাধান : $MCO_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} MO + CO_2$

BaO-এর ওজন + MCO_3-এর ওজন = 4·08 গ্রাম

BaO-এর ওজন + MO-এর ওজন = 3·64 গ্রাম

$\therefore$ উৎপন্ন CO_2-এর ওজন = 0·44 গ্রাম

16 মিলি. 2·5 (N) NaOH ≡ 40 মিলি. (N) NaOH

≡ 40 মিলি. (N) HCl

$\therefore$ BaO এবং উৎপন্ন MO-কর্তৃক শোষিত অ্যাসিড ≡ (100 − 40) মিলি.

বা, 60 মিলি. (N) HCl ≡ $60\times{\cdot}001$ তুল্যাঙ্ক বা, 0·06 তুল্যাঙ্ক HCl

44 গ্রাম CO_2 ≡ 2 তুল্যাঙ্ক MCO_3 ≡ 2 তুল্যাঙ্ক MO

$\therefore$ 0·44 „ CO_2 ≡ 0·02 „ „ ≡ 0·02 „ MO

0·02 তুল্যাঙ্ক MO ≡ 0·02 তুল্যাঙ্ক HCl

$\therefore$ (0·06 − 0·02) তুল্যাঙ্ক HCl বা, 0·04 তুল্যাঙ্ক HCl ≡ 0·04 তুল্যাঙ্ক BaO ≡ $0{\cdot}04\times\frac{154}{2}$ গ্রাম BaO ≡ 3·08 গ্রাম BaO

$\therefore$ উৎপন্ন MO-এর পরিমাণ = (3·64 − 3·08) গ্রাম বা, 0·56 গ্রাম

$\therefore$ MO-এর 0·02 তুল্যাঙ্ক = 0·56 গ্রাম

$\therefore$ 1 তুল্যাঙ্ক $=\frac{0{\cdot}56}{0{\cdot}02}$ গ্রাম = 28 গ্রাম

$\therefore$ MO-এর আণবিক ওজন $=28\times2=56$

$\therefore$ MO-এর পারমাণবিক ওজন = (56 − 16) বা, 40

$\therefore$ সুতরাং, M ধাতু হইল Ca

উদাহরণ 58. 5 মিলি. 8 (N) HNO_3, 4·8 মিলি. 5 (N) HCl এবং 17 (M) H_2SO_4-এর একটি অজ্ঞাত আয়তন মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণের আয়তন 2 লিটার করা হইল। এই মিশ্রণের 30 মিলি. একটি Na_2CO_3, $10H_2O$

দ্রবণের 42·9 মিলি.-কে প্রশমিত করিতে পারে। 100 মিলি. জলে 1 গ্রাম Na_2CO_3, 10 H_2O দ্রবীভূত করা ছিল। মিশ্রিত অ্যাসিড দ্রবণে SO_4''-এর পরিমাণ কত গ্রাম ছিল? [I. I. T. 1985]

সমাধান : 5 মিলি. 8 (N) $HNO_3 \equiv$ 40 মিলি. (N) HNO_3
$= 0{\cdot}04$ তুল্যাঙ্ক HNO_3

4·8 মিলি. 5 (N) $HCl \equiv$ 24 মিলি. (N) $HCl \equiv 0{\cdot}024$ তুল্যাঙ্ক HCl

ধরা যাক, H_2SO_4-এর আয়তন x মিলি.

∴ x মিলি. 17 (M) $H_2SO_4 \equiv x$ মিলি. 34 (N) H_2SO_4
$\equiv 34\,x$ মিলি. (N) $H_2SO_4 \equiv 0{\cdot}034\,x$ তুল্যাঙ্ক H_2SO_4

মিশ্রিত অ্যাসিডের 30 মিলি. ≡ 42·9 মিলি. Na_2CO_3, 10 H_2O দ্রবণ

" " 2000 মিলি. $\equiv \dfrac{42{\cdot}9 \times 2000}{30}$

বা, 2860 মিলি. Na_2CO_3, 10 H_2O দ্রবণ $\equiv \frac{1 \times 2860}{100}$ গ্রাম

বা, 28·6 গ্রাম Na_2CO_3, 10 H_2O দ্রবণ $\equiv \dfrac{28{\cdot}6}{143}$ তুল্যাঙ্ক

বা, 0·2 তুল্যাঙ্ক Na_2CO_3, 10 H_2O

প্রশ্নানুসারে, $0{\cdot}04 + 0{\cdot}024 + 0{\cdot}034\,x = 0{\cdot}2$

বা, $0{\cdot}034x = 0{\cdot}136$ বা, $x = 4$

∴ 4 মিলি. 17 (M) $H_2SO_4 \equiv 4 \times 0{\cdot}017$ মোল H_2SO_4

$\equiv 4 \times 0{\cdot}017 \times 96$ গ্রাম $SO_4^{=} = 6{\cdot}528$ গ্রাম $SO_4^{=}$

সার-সংক্ষেপ

অ্যাসিড : হাইড্রোজেন-ঘটিত যে-যৌগ হইতে উপস্থিত হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণভাবে অথবা আংশিকভাবে ধাতু অথবা ধাতুগুণসম্পন্ন মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ পাওয়া যায়, যাহা ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জলে পরিণত হয় এবং জলীয় দ্রবণে ক্যাটায়ন হিসাবে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে, তাহাকে অ্যাসিড বলে।

অ্যাসিডের সংযুতিভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ—(a) হাইড্র্যাসিড, (b) অক্সি-অ্যাসিড।

অ্যাসিডের উৎসভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ—(a) জৈব অ্যাসিড, (b) খনিজ অ্যাসিড।

অ্যাসিডের তীব্রতাভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ—(a) তীব্র অ্যাসিড, (b) দুর্বল বা মৃদু অ্যাসিড।

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা-ভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ—(a) এক-ক্ষারিক, (b) দ্বি-ক্ষারিক, (c) বহু-ক্ষারিক।

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা : অ্যাসিডের প্রতি অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় (ধাতুর দ্বারা) হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাকে অথবা আয়নবাদ অনুযায়ী একটি

অ্যাসিড অণু জলীয় দ্রবণে যতগুলি হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে তাহার সংখ্যাকে অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলে।

ক্ষারক ঃ যে-সব ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাদের ক্ষারক বলে। অথবা যে-যৌগ জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে তাহাকে ক্ষারক বলে।

ক্ষার বা অ্যালক্যালি ঃ যে-সকল ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইড জলে দ্রাব্য তাহাদের ক্ষার বলা হয়।

ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা ঃ ক্ষারকের প্রতি অণুতে যতসংখ্যক হাইড্রক্সিল মূলক বর্তমান অথবা উহা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যত সংখ্যক হাইড্রক্সিল মূলক উৎপন্ন করিতে পারে সেই সংখ্যাই উহার অম্লগ্রাহিতা।

লবণ ঃ ক্ষারক ও অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়াকালে জলের সহিত অন্য যে-যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে লবণ বলে। অথবা যে-যৌগ জলে দ্রবীভূত করিলে আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন ছাড়া অন্য ক্যাটায়ন এবং হাইড্রক্সিল আয়ন ছাড়া অন্য অ্যানায়ন উৎপন্ন করিতে পারে তাহাকে লবণ বলে।

লবণের শ্রেণীবিভাগ ঃ (a) সরল লবণ, (b) যুগ্ম লবণ, (c) জটিল লবণ। সরল লবণের শ্রেণীবিভাগ—(a) শমিত লবণ, (b) অ্যাসিড লবণ অথবা বাই-লবণ, (c) ক্ষারকীয় লবণ।

লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ কোন লবণকে জলে দ্রবীভূত করিলে লবণটি যদি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তাহাকে বলা হয় লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ। আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে দ্রবণে অ্যাসিড এবং ক্ষার উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণ অ্যাসিডিক বা ক্ষারকীয় হয়। তীব্র অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারক হইতে উদ্ভূত লবণ জলের দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না। তীব্র অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত লবণ জলের দ্বারা বিশ্লেষিত হইয়া দ্রবণকে অ্যাসিডধর্মী করে। মৃদু অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণকে জলে দ্রবীভূত করিলে দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়। মৃদু অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া দ্রবণকে অ্যাসিডধর্মী বা ক্ষারধর্মী করে। অ্যাসিড তুলনামূলকভাবে বেশি তীব্র হইলে দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়। ক্ষার তুলনামূলকভাবে বেশি তীব্র হইলে দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়।

আরেনিয়াসের তড়িৎ বিয়োজনবাদ ঃ তাঁহার তত্ত্ব অনুযায়ী সকল তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত হইলে তড়িৎ-আধানযুক্ত পরমাণু বা যৌগমূলকে বিয়োজিত হয়। তড়িৎ-আধানযুক্ত পরমাণু বা যৌগমূলককে **আয়ন** বলে এবং উহারা অবিয়োজিত অণুর সহিত সাম্যাবস্থায় থাকে। দ্রবণের লঘুতার সঙ্গে আয়নী-ভবনের মাত্রা বাড়িতে থাকে এবং অত্যন্ত বেশি লঘুতায় পূর্ণমাত্রায় আয়নিত হয়। দ্রবণে সমসংখ্যক পরা- এবং অপরা-তড়িৎবাহী আয়নের সৃষ্টি হয়।

অ্যাসিড ও ক্ষারক সম্পর্কে ব্রোয়েনস্টেট ও লাউরির মতবাদ— তাঁহাদের মতে যে-সকল অণু বা আয়ন হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বা প্রোটন দান

করিতে পারে তাহারা অ্যাসিড এবং যে-সকল অণু বা আয়ন প্রোটন গ্রহণ করিতে পারে তাহারা ক্ষারক।

অক্সাইড ও উহার শ্রেণীবিভাগ: অক্সিজেন ও অন্য একটি মৌলের সংযোগে গঠিত দ্বিমৌলিক যৌগকে অক্সাইড বলে।

অক্সাইডের শ্রেণীবিভাগ: (i) ক্ষারকীয় অক্সাইড, (ii) উভধর্মী অক্সাইড, (iii) অ্যাসিডিক অক্সাইড, (iv) প্রশম অক্সাইড, (v) মিশ্র অক্সাইড, (vi) সাব অক্সাইড, (vii) উচ্চতর অক্সাইড।

উচ্চতর অক্সাইডের শ্রেণীবিভাগ: (i) পার-অক্সাইড, (ii) সুপার-অক্সাইড, (iii) ডাই বা পলি-অক্সাইড।

ক্ষারকীয় অক্সাইড: যে-সব ধাতব অক্সাইডের মধ্যে ক্ষারকীয় ধর্ম দেখিতে পাওয়া যায় তাহাদের ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে।

আম্লিক অক্সাইড: যে-অক্সাইড জলের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সি-অ্যাসিড এবং অক্সাইড জাতীয় ক্ষারকের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ এবং ক্ষারের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাহাদের আম্লিক অক্সাইড বা অ্যাসিডিক অক্সাইড বলে।

প্রশম অক্সাইড: কতকগুলি অধাতব অক্সাইডের ক্ষারকীয় অথবা আম্লিক কোন ধর্মই নাই। ইহাদিগকে প্রশম অক্সাইড বলে।

মিশ্র অক্সাইড বা যৌগ অক্সাইড—কোন ধাতুর নিম্নতর যোজ্যতার ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত উচ্চতর যোজ্যতার অ্যাসিডিক অক্সইড বা উভধর্মী অক্সাইডের রাসায়নিক সংযুক্তির ফলে উৎপন্ন অক্সাইড এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

সাব-অক্সাইড: কোন মৌলের নিম্নতম সুস্থিত অক্সাইডে উপস্থিত অক্সিজেনের পরিমাণ হইতেও কম পরিমাণ অক্সিজেন আছে এমন অক্সাইডকে সাব-অক্সাইড বলা হয়।

পারক্সাইড: লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইড দেয়।

সুপার অক্সাইড: পারক্সাইড অপেক্ষা অধিকতর পরিমাণ অক্সিজেন বর্তমান এবং লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

ডাই-অক্সাইড অথবা পলি-অক্সাইড: উচ্চতর অনুপাতে অক্সিজেন বর্তমান থাকিলেও লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করিতে পারে না।

অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের তুল্যাঙ্কভার:

$$\text{অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

$$\text{ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ক্ষারকের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারকের অ্যাসিডগ্রাহিতা}}$$

লবণের তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{লবণের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{লবণের অণুতে উপস্থিত ক্ষারকীয় মূলকের সংখ্যা} \times \text{ক্ষারকীয় মূলকের যোজ্যতা}}$$

এক অণু অ্যাসিডের মধ্যে উপস্থিত প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা অ্যাসিডটির ক্ষারগ্রাহিতা। এক অণু ক্ষারকের মধ্যে উপস্থিত হাইড্রক্সিল মূলকের সংখ্যা ক্ষারকের অ্যাসিডগ্রাহিতা। অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণের তুল্যাঙ্ক-ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যথাক্রমে উহাদের **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** পাওয়া যায়।

প্রমাণ দ্রবণ : নির্দিষ্ট আয়তন দ্রবণের মধ্যে দ্রাব্য পদার্থের পরিমাণ সঠিক-ভাবে জানা থাকিলে দ্রবণটিকে প্রমাণ দ্রবণ বলে।

নর্ম্যাল দ্রবণ : কোনও দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে নর্ম্যাল দ্রবণ বলে।

মোলার দ্রবণ : কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে মোলার দ্রবণ বলে।

মোলাল দ্রবণ : কোন দ্রাবকের 1000 গ্রামের মধ্যে এক গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে মোলাল দ্রবণ বলে।

ফর্ম্যাল দ্রবণ : এক লিটার দ্রবণের মধ্যে কোন দ্রাবের এক গ্রাম-সঙ্কেত দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে ফর্ম্যাল দ্রবণ বলা হয়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি : যে-প্রণালীতে প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রশমিত করিয়া কোনও অজ্ঞাতমাত্রার ক্ষারের মাত্রা নির্ণয় করা হয় সেই প্রণালীকে অম্লমিতি বলে। যে-প্রণালীতে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রশমিত করিয়া কোন অজ্ঞাত-মাত্রার অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয় করা হয় সেই প্রণালীকে ক্ষারমিতি বলে।

প্রশমন : তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় যখন লবণ ও জল উৎপন্ন হয় এবং কোন বিক্রিয়কই অতিরিক্ত থাকে না তখন সেই বিক্রিয়াকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে।

টাইট্রেশন : যে-পদ্ধতির সাহায্যে কোনও দ্রবণের কত আয়তন অন্য একটি দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতেছে, তাহা নিরূপণ করিয়া দ্রবণ দুইটির যে-কোন একটির জ্ঞাতমাত্রার ভিত্তিতে অন্যটির মাত্রা নির্ণয় করা হয়, সেই পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বলে।

সমাপ্তিক্ষণ : একটি ক্ষার দ্রবণকে একটি অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা অথবা একটি অ্যাসিড দ্রবণকে একটি ক্ষার দ্বারা টাইট্রেশন করিবার সময় যে-মুহূর্তে প্রশমন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় এবং নির্দেশক ব্যবহৃত হইলে উহার বর্ণের অকস্মাৎ পরিবর্তন দ্বারা দৃষ্টিগ্রাহ্য হইয়া ধরা পড়ে সেই মুহূর্তকে সমাপ্তিক্ষণ বলে।

নির্দেশক বা সূচক : আয়তনমাত্রিক রাসায়নিক বিশ্লেষণকালে যে-সকল

রাসায়নিক পদার্থ উপস্থিত থাকিয়া বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা সমাপ্তিক্ষণ নির্দেশ করে তাহাদের নির্দেশক বা সূচক বলে।

সোডিয়াম কার্বনেট টাইট্রেশনের নির্দেশক : ইহার দ্রবণকে অ্যাসিড দ্বারা টাইট্রেশন করিবার সময় ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করা যাইবে না, কারণ সোডিয়াম কার্বনেটের অর্ধ পরিমাণ প্রশমিত হইলেই ইহার বর্ণ পরিবর্তিত হইয়া যাইবে। ইহাকে টাইট্রেশন করিতে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করিতে হইবে।

অম্লমিতি ক্ষারমিতির কয়েকটি উল্লেখযোগ্য নিয়ম :

(i) কোন দ্রবণের আয়তন $\times$ দ্রবণের মাত্রা $=$ ধ্রুবক।

(ii) একই নর্ম্যালিটির যে-কোন অ্যাসিড দ্রবণ সম-নর্ম্যালিটির যে-কোন ক্ষার দ্রবণের সহিত সম-আয়তনে বিক্রিয়া করিয়া পরস্পরকে প্রশমিত করে।

(iii) প্রশমন বিক্রিয়াকালে ব্যবহৃত অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন ও নর্ম্যালিটির গুণফল ব্যবহৃত ক্ষার দ্রবণের আয়তন ও নর্ম্যালিটির গুণফলের সমান। $V_1S_1 = V_2S_2$।

(iv) x সি.সি. y (N) দ্রবণ $\equiv xy$ সি.সি. (N) দ্রবণ।

(v) $x\%$ (আয়তনগত) দ্রবণ $= \frac{x \times 10}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}$ (N) দ্রবণ।

(vi) x (N) দ্রবণ $\equiv$ ($x \times$ তুল্যাঙ্কভার) গ্রাম/লিটার।

($\frac{N}{10}$) সোডিয়াম কার্বনেটের প্রস্তুত প্রণালী

আনুমানিক ($\frac{N}{10}$) সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি।

প্রাথমিক প্রমাণ পদার্থ ও মাধ্যমিক প্রমাণ পদার্থ : কয়েক প্রকার পদার্থকে অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় এবং সহজেই ওজন করিয়া জ্ঞাতমাত্রায় প্রমাণ দ্রবণ করা যায় এইরূপ পদার্থগুলিকে প্রাথমিক প্রমাণ পদার্থ বলে। যে-সকল পদার্থকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না তাহাদের আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া প্রাথমিক প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন মারফত সঠিক মাত্রা নির্ণয় করা হয়ে। এইভাবে মাত্রা নির্ণয় করিয়া এই দ্রবণকে অন্যান্য টাইট্রেশনের জন্য ব্যবহার করা যায়। এইরূপে দ্রবণে ব্যবহৃত পদার্থগুলিকে মাধ্যমিক প্রমাণ পদার্থ বলে।

প্রমাণ $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণের সাহায্যে আনুমানিক $\frac{N}{10}$ H_2SO_4-এর সঠিক মাত্রা নির্ণয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ বলিতে কি বুঝ? প্রত্যেকটির ক্ষেত্রে উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

2. অ্যাসিডের সংযুতিভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ কি ? প্রত্যেকটি শ্রেণীর উদাহরণ দাও। অ্যাসিডের উৎসভিত্তিক শ্রেণীবিভাগ বলিতে কি বুঝ ? উদাহরণ দাও।

3. সংজ্ঞা দাও : (i) তীব্র অ্যাসিড এবং মৃদু বা দুর্বল অ্যাসিড, (ii) তীব্র ক্ষার এবং মৃদু ক্ষার।

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা [J. E. '79] এবং ক্ষারে অ্যাসিডগ্রাহিতা কাহাকে বলে ? একক্ষারিক আ্যাসিড এবং এক-আম্লিক ক্ষার বলিতে কি বুঝা যায় ? ক্ষারক এবং ক্ষারের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর।

4. লবণের সংজ্ঞা দাও। সংযুতিভিত্তিতে লবণকে কয়েকটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে উদাহরণ দিয়া ব্যাখ্যা কর। ক্ষারীয় লবণ কাহাকে বলে ? [J. E. 1979]

5. লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলিতে কি বুঝ ? [J. E. 1980, 1983] আর্দ্র-বিশ্লেষণের আয়নীয় ব্যাখ্যা দাও। $FeCl_3$ একটি প্রশম লবণ হইলেও ইহার জলীয় দ্রবণ আম্লিক কেন ? [H. S. 1978, Tripura 1981, J. E. 1984]

6. নিম্নলিখিত লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি কি হইবে ?

(a) তীব্র ক্ষারক ও দুর্বল অ্যাসিডের লবণ। (b) দুর্বল ক্ষারক এবং তীব্র অ্যাসিডের লবণ। (c) দুর্বল ক্ষারক এবং দুর্বল অ্যাসিডের লবণ। (d) তীব্র ক্ষারক এবং তীব্র অ্যাসিডের লবণ।

$NaHSO_4$-কে অ্যাসিড লবণ বলা হয় কেন ? [H. S. 1979]

7. আরেনিয়াসের তড়িৎবিয়োজনবাদ সম্বন্ধে কি জান ? এই মতবাদের সাহায্যে অ্যাসিড ক্ষার এবং লবণের রাসায়নিক ধর্ম কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ? ইহার ত্রুটিগুলি আলোচনা কর। অ্যাসিড ও ক্ষারক সম্পর্কে ব্রোয়েনস্টেট এবং লাউরির মতবাদ কি ? এই মতবাদ কতদূর সফল হইয়াছে ? একটি দ্রবণ আম্লিক কিংবা ক্ষারীয় অথবা প্রশম তাহা নির্ধারণ করিবে কিরূপে ? [H. S. 1981]

8. অক্সাইড কাহাকে বলে ? অক্সাইডগুলি কতগুলি শ্রেণীতে বিভক্ত ? প্রত্যেকটি শ্রেণীর উদাহরণ সহযোগে আলোচনা কর।

উভধর্মী অক্সাইড বলিতে কি বুঝায় ? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [H. S. 1983, J. E. '79, '80] প্রশম অক্সাইড কাহাকে বলে ? [J. E. 1980]

9. অক্সাইড গঠনের বিভিন্ন রাসায়নিক পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর।

10. হাইড্রক্সাইড কাহাকে বলে ? হাইড্রক্সাইডমূলক বিভিন্নভাবে আয়নিত হইয়া হয় অ্যাসিড না হয় ক্ষারক উৎপন্ন করে—আলোচনা কর।

11. হাইড্রক্সাইড গঠনের বিভিন্ন রাসায়নিক পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর।

12. অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝ ? প্রত্যেকটির তুল্যাঙ্কভার গণনার নিয়মগুলি কি ?

13. প্রমাণ দ্রবণ বলিতে কি বুঝ ? [H. S. 1982, Tripura 1981, '82] নর্মাল দ্রবণ [J. E. 1983, Tripura 1980, '85, H. S. 1978, '82], মোলার

দ্রবণ [J. E. '78, '83, Tripura 1982, '85, H. S. 1979], মোলাল দ্রবণ [J. E. '78], ও ফর্ম্যাল দ্রবণের [J. E. '78] সংজ্ঞা দাও। মোলার দ্রবণ এবং ফর্ম্যাল দ্রবণের পার্থক্য বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

14. প্রমাণ দ্রবণ এবং নর্ম্যাল দ্রবণের পার্থক্য কি? [H. S. 1982, '84] নর্ম্যাল দ্রবণ এবং মোলার দ্রবণের সম্পর্ক কি? [Tripura, 1982]

15. আয়তনভিত্তিক শতকরা মাত্রা এবং ওজনভিত্তিক শতকরা মাত্রা বলিতে কি বুঝ? আয়তনভিত্তিক শতকরা মাত্রার সহিত নর্ম্যাল মাত্রার সম্পর্ক নির্ণয় কর।

1000 c.c. জলে 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত করিয়া একটি জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। এই দ্রবণটিকে নর্ম্যাল দ্রবণ বলা যাইতে পারে কিনা যুক্তিসহকারে লিখ। [H. S. 1984]

16. অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি কি? 'প্রশমন' কথার অর্থ কি? [J. E. 1983] টাইট্রেশন, সমাপ্তিক্ষণ বলিতে কি বুঝ? সূচক বা নির্দেশক কি? [Tripura 1981, '84]

নিম্নলিখিত প্রশমন ক্রিয়ায় কোন্ কোন্ সূচক ব্যবহার করিবে? (i) সোডিয়াম কার্বনেট দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, (ii) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বারা অক্সালিক অ্যাসিড। [H. S. 1985]

17. সোডিয়াম কার্বনেটকে তীব্র অ্যাসিড দ্বারা টাইট্রেশন করিবার সময় ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করা যায় না কেন? ব্যাখ্যা কর।

10 c.c. 1 (N) Na_2CO_3-কে ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করিয়া টাইট্রেশন করিবার সময় 5 c.c. 1 (N) HCl ব্যবহার করিলে রঙের পরিবর্তন হয় কেন? [H. S. 1978]

18. ডেসি নর্ম্যাল সোডিয়াম কার্বনেট কিভাবে প্রস্তুত করিবে? [Tripura, 1980]

(a) Na_2CO_3-এর 1 (N) দ্রবণের 10 মিলি. পরিমাণ দুইটি অংশ লইয়া মিথাইল অরেঞ্জ এবং ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিয়া পৃথক পৃথকভাবে প্রশমিত করিতে কেন ভিন্ন আয়তনের 1 (N HCl লাগিবে? [Tripura, 1984]

19. আনুমানিক ডেসি নর্ম্যাল সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করিবে? প্রাথমিক প্রমাণ পদার্থ এবং মাধ্যমিক প্রমাণ পদার্থ বলিতে কি বুঝ? HCl দ্রবণকে Na_2CO_3 দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করিতে কি সূচক ব্যবহার করিবে? [J. E. 1980]

20. (a) প্রমাণ $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3-এর সাহায্যে আনুমানিক $\frac{N}{10}$ H_2SO_4-এর সঠিক মাত্রা কিরূপে নির্ণয় করিবে?

(b) CH_3COOH দ্রবণকে NaOH দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশনের সময় কি সূচক ব্যবহার করিবে? [J. E. 1982]

21. (a) প্রমাণ কর যে টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে $V_1S_1 = V_2S_2$ যখন V_1, V_2 যথাক্রমে ক্ষারক ও অম্লের আয়তন এবং S_1, S_2 যথাক্রমে উহাদের মাত্রা।

(b) $x\%$ দ্রবণ $= \frac{x \times 10}{\text{তুল্যাঙ্কভার}}$ (N) দ্রবণ

(c) V c.c. S (N) দ্রবণ = VS c.c. (N) দ্রবণ।

22. (a) নীচের অক্সাইডগুলি কোন্ শ্রেণীর অক্সাইড ?

Na_2O, BaO_2, PbO, Pb_3O_4, ZnO,

CO, CO_2, SO_2, Fe_3O_4, P_2O_5, NO_2, NO

(b) পার্থক্য নির্দেশ কর : (i) অ্যাসিড লবণ এবং শমিত লবণ [J. E. 1983]

(ii) অ্যাসিড অক্সাইড এবং ক্ষারকীয় অক্সাইড। [J. E. 1981]

23. যুক্তি দেখাও :

(a) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ফসফরিক অ্যাসিড যথাক্রমে এক ক্ষারিক, দ্বি-ক্ষারিক এবং ত্রি-ক্ষারিক অ্যাসিড।

(b) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড যথাক্রমে এক আম্লিক, দ্বি-আম্লিক এবং ত্রি-আম্লিক ক্ষারক।

(c) Na_2O একটি ক্ষারকীয় অক্সাইড অপরপক্ষে CO একটি প্রশম অক্সাইড।

(d) P_2O_5 H_3PO_4-এর নিরুদক।

(e) H_2O একটি প্রশম অক্সাইড।

(f) Al_2O_3 উভধর্মী অক্সাইড। [H. S. 1978, Tripura, 1983]

(g) BaO_2 পারক্সাইড কিন্তু MnO_2 ডাই-অক্সাইড। BaO_2 পারক্সাইড কিন্তু PbO_2 পারক্সাইড নহে। [Tripura, 1982]

24. শমিত লবণ, অ্যাসিড লবণ এবং বেসিক লবণ বলিতে কি বুঝ ? নিম্নের লবণগুলি কোন্‌টি কোন্ শ্রেণীর লিখ :

(a) $NaCl$, (b) $NaHCO_3$, (c) Na_2CO_3, (d) NaH_2PO_4, (e) Na_3PO_4, (f) $CuCO_3$, (g) $Cu(NO_3)_2$, (h) $Pb(OH)Cl$, (i) $BiOCl$, (j) $NaHS$, (k) $FeCl_3$।

25. $CaCl_2$ দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যুক্ত করিলে $CaCO_3$-এর অধঃক্ষেপ পড়ে। অপরপক্ষে $AlCl_3$ দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যুক্ত করিলে কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় না কেন ? $FeCl_3$ দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করিলে কি অধঃক্ষেপ পড়িবে এবং কেন ?

26. ব্যাখ্যা কর :

(a) PbO_2 একটি ডাই-অক্সাইড, পারক্সাইড অথবা সুপার অক্সাইড নয়।

(b) Fe_2O_3 একটি ক্ষারীয় অক্সাইড, অপরপক্ষে Al_2O_3 একটি উভধর্মী অক্সাইড। [J. E. 1978]

(c) NO একটি প্রশম অক্সাইড।

(d) $NaHCO_3$ একটি অ্যাসিড লবণ।

(e) সঠিক ওজন না লইয়াও প্রমাণ দ্রবণ তৈরী সম্ভব।

(f) Na_2CO_3 শমিত লবণ তথাপি ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়।
[H. S. 1979, Tripura, 1981, 1983]

(g) প্রশমন বিক্রিয়া হইল কেবলমাত্র $H^+ + OH^- = H_2O$

(h) সকল ক্ষারই ক্ষারক কিন্তু সকল ক্ষারক ক্ষার নহে। [Tripura 1982]

(i) হাইড্রোজেন ঘঠিত যৌগ মাত্রই অ্যাসিড নহে।
[H. S. 1978, Tripura, 1982]

(j) অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহীতা অ্যাসিডের অণুমধ্যস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর মোট সংখ্যার সমান নয়।

(k) NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। [H. S. 1983]

(l) $CaCl_2$ দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করিলে $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু $FeCl_3$ দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করিলে $Fe_2(CO_3)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় না। [H. S. 1985]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. একটি অ্যাসিডের আণবিক ওজন = উহার তুল্যাঙ্কভার $\times n$; $n=$ কি?

2. একটি দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রার সহিত তুল্যাঙ্কভারের সম্পর্ক কি?

3. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির নর্ম্যাল মাত্রা কত?

(i) 100 মিলি. দ্রবণে 0·40 NaOH দ্রবীভূত আছে। (ii) 100 লিটার দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl দ্রবীভূত আছে। (iii) 25 মিলি. দ্রবণে 1·375 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। (iv) 1 লিটার দ্রবণে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে।

4. $FeSO_4$ দ্রবণকে এবং অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণকে $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা জারণের সময় উহাদের প্রত্যেকটির তুল্যাঙ্কভার কত?

5. কোন্‌টি সঠিক বল—

(a) 100 মিলি. (M) NaOH দ্রবণের সহিত 10 মিলি. (M) H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটি, (i) অ্যাসিডিক, (ii) ক্ষারকীয়, (iii) প্রশম, (iv) তীব্র ক্ষারকীয়।

(b) 100 মিলি. 0·2 (N) HCl অতিরিক্ত $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন N. T. P.-তে (i) 112 মিলি., (ii) 224 মিলি., (iii) 448 মিলি., (iv) 1120 মিলি.

(c) 100 মিলি. 0·3 (N) HCl দ্রবণের সহিত 200 মিলি. 0·6(N) H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা (i) 0·9 (N), (ii) 0·6 (N), (iii) 0·5 (N), (iv) 0·4 (N)।

(d) উপরের উৎপন্ন দ্রবণে H_2SO_4-এর মাত্রা কত হইবে?

(i) 0·9 (N), (ii) 0·6 (N), (iii) 0·5 (N), (iv) 0·4 (N)

(e) উপরের উৎপন্ন দ্রবণে যদি 500 মিলি. 0·3 (N) NaOH যোগ করা হয় তাহা হইলে দ্রবণটির ধর্ম (i) প্রশম, (ii) অ্যাসিডিক, (iii) ক্ষারকীয়, (iv) গণনা করা সম্ভব নয়।

(f) $Al_2(SO_4)_3$-এর সঙ্কেত ওজন (formula weight) 342। 1 লিটার দ্রবণে 342 গ্রাম $Al_2(SO)_3$ থাকিলে দ্রবণটির মাত্রা (i) 1(M), (ii) 2(N), (iii) 3(M), (iv) 0·5 (M)।

(g) $Na_2CO_3, 10H_2O$ কেলাসের 100 মিলি. 0·1 (N) দ্রবণ প্রস্তুত করিতে প্রয়োজনীয় কেলাসের পরিমাণ (i) 0·286 গ্রাম, (2) 2·86 গ্রাম, (iii) 0·0286 গ্রাম, (iv) 1·43 গ্রাম।

(h) 1 লিটার জলে 8 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত করা হইল। দ্রবণের মাত্রা ও আয়তনের গুণফল (i) 200, (ii) 400, (iii) 800, (iv) অজ্ঞাত।

(i) একটি ধাতব কার্বোনেটের 1 গ্রাম 25 মিলি. (N) HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল। অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 5 মিলি. (N) NaOH-এর প্রয়োজন হইলে ধাতব কার্বোনেটটির তুল্যাঙ্কভার (i) 50, (ii) 30, (iii) 20, (iv) ইহাদের মধ্যে একটিও নয়।

(j) 1 গ্রাম বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বোনেটকে দ্রবীভূত করিতে (i) 10 মিলি. 1 (N) HCl, (ii) 20 মিলি. 2 (N) HCl, (iii) 5 মিলি. 4 (N) HCl, (iv) 50 মিলি. 0·5 (N) HCl প্রয়োজন।

(k) 5 মিলি. (N) HCl, 20 মিলি. $\frac{N}{2}$ H_2SO_4 এবং 30 মিলি. $\frac{N}{3}$ HNO_3 মিশ্রিত করিয়া আয়তন 1 লিটার করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটির মাত্রা (i) $\frac{N}{8}$, (ii) $\frac{N}{10}$, (iii) $\frac{N}{20}$, (iv) $\frac{N}{40}$

(l) উপরে উৎপন্ন অ্যাসিড দ্রবণটিকে প্রশমিত করিতে (i) 10 গ্রাম, (ii) 2 গ্রাম, (iii) 1 গ্রাম, (iv) 0·5 গ্রাম NaOH-এর প্রয়োজন।

(m) 100 মিলি. 0·1(M) HCl-এ অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট যোগ করা হইল। অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইডের পরিমাণ (i) 1·435 গ্রাম, (ii) 14·35 গ্রাম, (iii) 7·175 গ্রাম, (iv) 3·65 গ্রাম।

(n) 100 মিলি. (N) $KMnO_4$ অতিরিক্ত H_2O_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন অক্সিজেনের N. T. P-তে আয়তন (i) 560 মিলি., (ii) 1120 মিলি., (iii) 2240 মিলি., (iv) 5600 মিলি.।

(o) 49 গ্রাম H_2SO_4-এ 20 গ্রাম NaOH যোগ করিয়া দ্রবণের আয়তন 1 লিটার করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা (i) 1 (N), (ii) 2 (N), (iii) 0·5 (N), (iv) 0·25 (N)।

(p) 1 মোল H_2SO_4-এর সহিত 1 মোল KOH-এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া উৎপন্ন

দ্রবণকে 500 মিলি. করা হইল। দ্রবণটির মাত্রা (i) প্রশম দ্রবণ, (ii) 1 (N), (iii) 0·5 (N), (iv) 2 (N)।

(q) 500 মিলি. $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3-এর দ্রবণ প্রস্তুতিতে প্রয়োজনীয় Na_2CO_3-এর পরিমাণ (i) 5·3 গ্রাম, (ii) 10·6 গ্রাম, (iii) 2·65 গ্রাম, (iv) 13·25 গ্রাম।

(r) অক্সালিক অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড। ইহার আণবিক সঙ্কেত $(COOH)_2, 2H_2O$।

500 মিলি. 0·1 (M) অক্সালিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ অ্যাসিডের প্রয়োজন? (i) 12·6 গ্রাম, (ii) 6·3 গ্রাম, (iii) 4·5 গ্রাম, (iv) 9 গ্রাম।

1000 মিলি. $\frac{M}{10}$ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের পরিমাণ (i) 9 গ্রাম, (ii) 12·6 গ্রাম, (iii) 6·3 গ্রাম, (iv) 4·5 গ্রাম।

(s) 100 মিলি. 0·1 (N) $KMnO_4$ 0·45 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে। অক্সালিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার (i) 45, (ii) 90, (iii) 180, (iv) 22·5।

(t) 100 মিলি. 0·2 (N) HCl $CaCO_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের N. T. P.-তে আয়তন (i) 112 মিলি., (ii) 224 মিলি., (iii) 448 মিলি., (iv) 1120 মিলি.।

(u) একটি ধাতব কার্বনেটের 1 গ্রাম 25 মিলি. (N) HCl-এ দ্রবীভূত করিবার পর অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 5 মিলি. (N) NaOH-এর প্রয়োজন হইল। ধাতব কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার (i) 50, (ii) 30, (iii) 20, (iv) ইহাদের মধ্যে কোনটিই নহে।

(v) 1 গ্রাম $CaCO_3$-কে সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের পরিমাণ (i) 10 মিলি. (N) HCl, (ii) 20 মিলি. 2N HCl, (iii) 5 মিলি. 4 (N) HCl, (iv) 50 মিলি. 0·5 (N) HCl।

(w) 100 মিলি. 1 (N) $KMnO_4$-এর সহিত অতিরিক্ত H_2O_2 বিক্রিয়া করিলে উৎপন্ন অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন (i) 560 মিলি., (ii) 1120 মিলি., (iii) 2240 মিলি., (iv) 5600 মিলি.।

6. শূন্যস্থান পূরণ কর: 50 সি.সি. $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে ... ... সি.সি. $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 দ্রবণ অথবা ... ... সি.সি. 2 (N) অক্সালিক অ্যাসিডের প্রয়োজন। [All India H. S. 1974]

7. একটি দ্বিক্ষারীয় জৈব অ্যাসিডের 0·16 গ্রামকে প্রশমিত করিতে 25 মিলি. $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণের প্রয়োজন। অ্যাসিডটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Rhotak, 1980]

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলিতে দ্রাবের পরিমাণ নির্ণয় কর :

(a) 1000 সি.সি. $\frac{N}{2}$ NaOH	উঃ। (a) 20 গ্রাম
(b) 500 সি.সি. $\frac{N}{5}$ Na_2CO_3	(b) 5·3 „
(c) 4 লিটার 0·11 N KOH.	(c) 24·64 „
(d) 650 সি.সি. 2 N H_2SO_4	(d) 63·7 „
(e) 500 সি.সি. M HCl	(e) 18·25 „
(f) 500 সি.সি. 0·05 M H_2SO_4	(f) 2·45 „
(g) 250 সি.সি. ·1 M NaOH	(g) 1 „
(h) 500 সি.সি. ·5 M Na_2CO_3	(h) 26·5 „
(i) 500 সি.সি. 25% HCl	(i) 125 „

2. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির নর্ম্যালিটিতে মাত্রা এবং মোলার মাত্রা এবং শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর :

(a) 500 সি.সি. জলে 2 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে।

(b) 1000 সি.সি. জলে 2·65 শুষ্ক Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে।

(c) 600 সি.সি. জলে 4 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে।

(d) 2000 সি.সি. জলে 8·5 গ্রাম NH_3 দ্রবীভূত আছে।

(উঃ। (a) $\frac{N}{10}$, (b) $\frac{N}{20}$, (c) 0·136 N, (d) $\frac{N}{4}$)

3. একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে লিটার প্রতি 3·5 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড আছে। এই দ্রবণের 20 সি.সি.-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে একটি KOH দ্রবণের 15·2 সি.সি. লাগিল। অপর একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 50 সি.সি.-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে এই KOH দ্রবণের 31 সি.সি. প্রয়োজন। দ্বিতীয় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণটির মাত্রা নির্ণয় কর। ইহাতে প্রতি লিটারে কত গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান? (উঃ। 0·05826 N 2·855 গ্রাম/লিটার)

4. N. T. P.-তে মাপা 5·6 লিটার HCl-কে 500 সি.সি. জলে দ্রবীভূত করা হইল। দ্রবণটির মাত্রা কত হইবে? (উঃ। $\frac{N}{2}$)

5. অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয়। 500 c.c. $\frac{N}{2}$ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে N. T. P.-তে কত আয়তন NH_3 উৎপন্ন হইবে? (উঃ। 5·6 লিটার)

6. 20 সি.সি. Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 15·6 সি. সি. 0·11 (N) H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে কত? এক লিটার দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ কত? (উঃ। 0·0858 N, 4·55 গ্রাম)

7. 20 সি.সি. লঘু H_2SO_4-কে প্রশমিত করিতে 15·6 সি.সি. $\frac{N}{2}$ NaOH

দ্রবণের প্রয়োজন। অ্যাসিডটির মাত্রা কত? প্রতি লিটারে অ্যাসিডটির পরিমাণ কত? এই অ্যাসিড দ্রবণের 100 সি.সি. হইতে কত আয়তন $\frac{N}{5}$ অ্যাসিড প্রস্তুত করা যাইবে? (উঃ। (a) 0·39 N (b) 19·11 গ্রাম (c) 195 সি.সি.)

8. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলি কত আয়তন $\frac{N}{10}$ দ্রবণের সমতুল্য হইবে?

(a) 15·2 সি.সি. $\frac{N}{2}$ HCl; (b) 1000 সি. সি. 0·12 N NaOH,

(c) 50 c.c. $\frac{18 \cdot 6}{25}$ N H_2SO_4 (উঃ। 76 সি.সি., 1200 সিসি., 372 সি.সি.)

9. একটি HCl-এর 25 সি.সি.-কে পূর্ণ প্রশমিত করিতে 18·2 সি.সি. $\frac{N}{10}$ NaOH-এর প্রয়োজন। অ্যাসিডটির মাত্রা নির্ণয় কর। প্রতি লিটার দ্রবণে অ্যাসিডটির পরিমাণ কত? এই অ্যাসিডের 1 লিটারকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে কত গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন হইবে? (উঃ। 0·0728 N, 2·66 গ্রাম, 3·86 গ্রাম)

10. 25 সি.সি. ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে জল যোগ করিয়া 500 সি.সি. আয়তন করা হইল। এই লঘু অ্যাসিডের 25 সি.সি.-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 9·6 সি.সি. N NaOH-এর প্রয়োজন। মূল অ্যাসিডটির মাত্রা কি ছিল এবং প্রতি লিটারে কত গ্রাম অ্যাসিড ছিল? (উঃ। 7·68 N, 484 গ্রাম)

11. 150 সি.সি. 2 N H_2SO_4-এ জল যোগ করিয়া 800 সি.সি. আয়তন করা হইল। উৎপন্ন লঘু অ্যাসিডের মাত্রা কত হইবে? (উঃ। $\frac{3}{8}$ N)

12. 50 সি.সি. N NaOH দ্রবণের সহিত 150 সি.সি. $\frac{N}{2}$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। উৎপন্ন আম্লিক দ্রবণের মাত্রা কত হইবে? (উঃ। $\frac{N}{8}$)

13. মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করিয়া K_2CO_3 দ্রবণকে H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করিলে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়াটি ঘটে—

$$K_2CO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

একটি আর্দ্র K_2CO_3-এর 7·82 গ্রাম লইয়া জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটির আয়তন 1000 সি.সি. করা হইল। এই দ্রবণটির 25 সি.সি.-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 23·8 সি.সি. $\frac{N}{10}$ H_2SO_4-এর প্রয়োজন। আর্দ্র K_2CO_3-এ শতকরা কত পরিমাণ বিশুদ্ধ K_2CO_3 ছিল? (উঃ। 84%)

14. 2·65 গ্রাম শুষ্ক Na_2CO_3 লইয়া জলে দ্রবীভূত করিয়া 200 সি.সি. দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি.সি.-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে কত আয়তন $\frac{N}{10}$ H_2SO_4-এর প্রয়োজন হইবে? (উঃ। 62·5 সি সি.)

15. 79·5 গ্রাম CuO-কে $CuSO_4$-এ পরিণত করিতে 98 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর প্রয়োজন হয়। 10 গ্রাম CuO-কে $CuSO_4$-এ পরিণত করিতে 4N H_2SO_4-এর কত আয়তন প্রয়োজন? (উঃ। 62·9 c.c.)

16. 400 সি.সি. $\frac{N}{2}$ Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ কত? এই আয়তন দ্রবণ যদি অতিরিক্ত H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করে তাহা হইলে উৎপন্ন CO_2-এর N. T. P.-তে আয়তন কত হইবে? (উঃ। 10·6 গ্রাম, 2·24 লি.)

17. একটি ধাতুর 0·5 গ্রাম 50 সি.সি. N H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করা হইল। ধাতুটি সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইবার পর অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 30 c.c. N NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত?

(উঃ। 25·0)

18. 50 c.c. N HCl-এ অতিরিক্ত পরিমাণ একটি ধাতু যোগ করা হইল। ইহাতে যদি হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে মুক্ত হয় তাহা হইলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন কত হইবে? (উঃ। 560 সি.সি.)

19. একটি লঘু H_2SO_4-এর 13·6 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 25 সি.সি. N Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হয়। এই অ্যাসিড হইতে 1000 সি.সি. N H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে কত আয়তন অ্যাসিড লইতে হইবে? (উঃ। 544 সি.সি.)

20. 1 গ্রাম Na_2CO_3 30 সি.সি. N H_2SO_4-এ যোগ করা হইল। বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন N NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হইবে? (উঃ। 11·13 সি.সি.)

21. 50 সি. সি. N NH_4OH দ্রবণকে HCl দ্বারা সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিবার পর উৎপন্ন NH_4Cl-এর পরিমাণ কত হইবে? (উঃ। 2·675 গ্রাম)

22. 200 সি.সি. $\frac{N}{2}$ HCl-এ 2·65 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা কত হইবে? (উঃ। $\frac{N}{4}$)

23. একটি লঘু H_2SO_4-এর 25 সি.সি. লইয়া জল যোগ করিয়া 500 সি.সি. করা হইল। এই অ্যাসিডের 100 সি.সি.-র সহিত অতিরিক্ত $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করা হইল। ইহার ফলে উৎপন্ন $BaSO_4$-এর ওজন 1·165 গ্রাম হইল। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ: $BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HCl$

মূল H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা কত ছিল এবং প্রতি লিটারে কত গ্রাম H_2SO_4 ছিল? (উঃ। 2 N, 98 গ্রাম/লি.)

24. একটি দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিডের 1 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া আয়তন 100 সি.সি. করা হইল। এই অ্যাসিডের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 39·2 সি.সি. $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3-এর প্রয়োজন। অ্যাসিডটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। 250 সি.সি. $\frac{N}{2}$ দ্রবণে অ্যাসিডটির পরিমাণ কত হইবে?

(উঃ। 127·5, 7·97 গ্রাম)

25. 50 সি.সি. 1·1 N NaOH, 100 সি.সি. 0·5 N H_2SO_4 এ 50 সি.সি 0·7 N HCl মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটির প্রকৃতি কি হইবে এবং ইহার মাত্রা কি হইবে? (উঃ। আম্লিক, 0·15 N)

26. 210 আণবিক ওজন বিশিষ্ট একটি অ্যাসিডের 1 গ্রাম লইয়া জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 100 সি.সি. করা করা হইল। এই দ্রবণের

25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 35·7 সি.সি. $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণের প্রয়োজন। অ্যাসিডটির ক্ষারগ্রাহীতা কত? (উঃ। 3)

27. অনার্দ্র Na_2CO_3 এবং NaCl-এর মিশ্রণের 5 গ্রাম লইয়া জলে দ্রবীভূত করিয়া আয়তন 1 লিটার করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 15·6 সি.সি. $\frac{N}{10}$ HCl-এর প্রয়োজন। মিশ্রণটিতে NaCl-এর শতকরা পরিমাণ কত? (উঃ। 33·9%)

28. সোদক সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্কেত Na_2CO_3, nH_2O। ইহার 10 গ্রাম লইয়া জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 1000 সি.সি. করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 17·5 সি.সি. $\frac{N}{10}$ HCl-এর প্রয়োজন। কেলাসটিতে কেলাস জলের শতকরা পরিমাণ বাহির কর এবং n-এর মান বাহির কর। (উঃ। 62·9%, 10)

29. 55 সি.সি. একটি NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 41 সি.সি. N H_2SO_4-এর প্রয়োজন। দ্রবণটির মাত্রা নর্ম্যালিটিতে এবং শতকরা হিসাবে বাহির কর। [Andhra, 1934] (উঃ। 0·7454 N, 2·9816%)

30. 1·3456 গ্রাম Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 সি.সি. করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 24·85 সি.সি. অজ্ঞাতমাত্রার একটি H_2SO_4-এর প্রয়োজন।

(a) Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা কত? (b) H_2SO_4-এর মাত্রা কত? (c) উৎপন্ন Na_2SO_4-এর পরিমাণ কত? [C. U. 1953]

(উঃ। 0·1015 N, 0·1021 N, 0·1802 গ্রাম)

31. একটি লঘু HCl-এর 45 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 0·4 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর প্রয়োজন। অ্যাসিডটির নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর। [Punjab, 1942] (উঃ। 0·1778)

32. 1·08 গ্রাম NH_4Cl 62 সি.সি. $\frac{N}{2}$ NaOH সহযোগে ফুটাইবার পর NH_3 সম্পূর্ণরূপে মুক্ত হইল। মিশ্রণে অবশিষ্ট ক্ষার-কে প্রশমিত করিতে 44 সি.সি. $\frac{N}{4}$ HCl-এর প্রয়োজন হইল। লবণটিতে অ্যামোনিয়ার শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [Cal. 1953] (উঃ। 31·48%)

33. 1·524 গ্রাম NH_4Cl জলে দ্রবীভূত করা হইল এবং ইহাতে 50 সি.সি. N KOH দ্রবণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। ইহার ফলে সমস্ত NH_3 দূরীভূত হইল। বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট ক্ষার-কে প্রশমিত করিতে 30·95 সি.সি. N H_2SO_4-এর প্রয়োজন হইল। NH_4Cl-এ NH_3-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [Cal. 1931] (উঃ। 21·25%)

34. একটি দ্বিক্ষারিক অ্যাসিডের 250 সি.সি. দ্রবণে 1·4175 গ্রাম অ্যাসিড আছে। ইহার আণবিক ওজন 126। একটি NaOH দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে এই অ্যাসিড দ্রবণের 22·5 সি.সি. প্রয়োজন। আবার এই NaOH দ্রবণ

একটি H_2SO_4 দ্রবণের 8 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে পারে। H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। [Cal. 1929] (উঃ। 0·10125 N)

35. একটি নমুনার চকে (chalk) $CaSO_4$ অশুদ্ধি আছে। ইহার 1 গ্রামকে 230 সি.সি. $\frac{N}{10}$ HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিতে দেওয়া হইল। বিক্রিয়াশেষে অতিরিক্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 8 সি.সি. 0·45 N NaOH-এর প্রয়োজন। নমুনাটিতে চকের শতকরা পরিমাণ বাহির কর। (উঃ। 97%)

36. 25 মিলি. 1·12 $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমন করিতে 24 মিলি. H_2SO-এর প্রয়োজন। অ্যাসিডটির মাত্রা নর্ম্যালিটিতে এবং লিটার প্রতি গ্রামে নির্ণয় কর। [H. S. 1961] (উঃ। 0·117 (N), 5·733 গ্রাম/লি.)

37. (a) 25 সি.সি. 0·08 N NaOH দ্রবণের সহিত 20 সি.সি. 0·09 N Na_2CO_3 মিশ্রিত করা হইল। ইহার ফলে উৎপন্ন ক্ষারে নর্ম্যাল মাত্রা কত হইবে?

(b) এই মিশ্রিত ক্ষারের 30 সি.সি. একটি H_2SO_4 দ্রবণের 50 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে পারে। অ্যাসিডটির মাত্রা নির্ণয় কর। [H. S. 1962]

(উঃ। 0·084 N, 0·0504 N)

38. কিছু পরিমাণ NH_4Cl অতিরিক্ত পরিমাণ গাঢ় NaOH দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন NH_3-কে 100 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণে শোষণ করা হইল। এই আয়তনে H_2SO_4-এর পরিমাণ 4·9 গ্রাম ছিল। ইহার ফলে H_2SO_4 আংশিকভাবে প্রশমিত হইল। অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 50 সি.সি. Na_2CO_3 দ্রবণ লাগিল। এই আয়তনে Na_2CO_3-এর পরিমাণ ছিল 2·65 গ্রাম। ব্যবহৃত NH_4Cl-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। [Cal. 1955]

(উঃ। 2·675 গ্রাম)

39. 25 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 22·5 সি.সি. 4% Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। এই অ্যাসিড হইতে $\frac{N}{10}$ অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করিবে?

(উঃ। 1 সি.সি. অ্যাসিডকে লঘু করিয়া 6·79 সি.সি. করিতে হইবে)

40. একটি HCl দ্রবণের 50 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 10 গ্রাম Na_2CO_3, $10H_2O$ লাগিল। এই অ্যাসিডের কত আয়তনকে লঘু করিয়া 1 লিটার করিলে প্রাপ্ত দ্রবণের মাত্রা (N) হইবে? [Cal. 1920]

(উঃ। 715 সি.সি.→1000 সি.সি.)

41. 1·17 আপেক্ষিক ঘনত্ববিশিষ্ট HCl দ্রবণের 100 গ্রামে 33·4 গ্রাম HCl আছে। প্রতি সি.সি.-তে 0·042 গ্রাম NaOH আছে এমন একটি দ্রবণের 5 লিটারকে প্রশমিত করিতে প্রদত্ত অ্যাসিডটির কত আয়তন লাগিবে? [All., 1914]

(উঃ। 0·49 লিটার]

42. গাঢ় H_2SO_4-এর মাত্রা 36 (N)। এই অ্যাসিডের কত আয়তন 85 সি.সি. জলে যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা 2M হইবে? (উঃ। 10·62 সিসি.)

43. 23·8% HCl-এর (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·14) কত আয়তন লইয়া জল যোগ করিয়া লঘু করিলে 500 সি.সি. 0·45 (N) HCl পাওয়া যাইবে ?

(উঃ। 60·54 সি.সি.)

44. 1·45 আপেক্ষিক ঘনত্ববিশিষ্ট HNO_3-এর কত আয়তন 5·6 গ্রাম KOH-কে প্রশমিত করিতে পারিবে ? (উঃ। 4·35 সি.সি.)

45. 20 সি.সি. 0·45 (N) NaOH 30 সি.সি. 0·32 (N) HCl-এ যোগ করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটি আম্লিক না ক্ষারীয় ? দ্রবণটির মাত্রা কি হইবে ? উৎপন্ন লবণের নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর। (উঃ। আম্লিক, 0·012 (N) 0·18 (N))

46. একটি চুনাপাথরের নমুনাতে 60% $CaCO_3$ বর্তমান। 1 লিটার (N) NaOH দ্রবণকে Na_2CO_3 দ্রবণে পরিণত করিতে যে পরিমাণ CO_2 প্রয়োজন তাহা প্রদত্ত চুনাপাথরের কত গ্রাম হইতে পাওয়া যাইবে ? (উঃ। 83·33 গ্রাম)

47. একটি ক্ষার দ্রবণের 25 সি.সি.র সহিত 8 সি.সি. 0·75 (N) একটি অ্যাসিড যোগ করা হইল। ক্ষারটির সম্পূর্ণ প্রশমনের জন্য আরো 15 সি.সি. 0·8 (N) অ্যাসিডের দরকার হইল। ক্ষারটির মাত্রা নির্ণয় কর। (উঃ। 0·72 N)

48. 95% NaOH আছে এমন একটি NaOH-এর নমুনার 10 গ্রাম 200 সি.সি. জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণে 50 সি.সি. 1·5 (N) HCl এবং বাকী জল যোগ করিয়া মোট আয়তন 500 সি.সি. করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের প্রকৃতি এবং মাত্রা নির্ণয় কর। (উঃ। ক্ষারীয়, 0·325 (N))

49. একটি দ্রবণে NaOH এবং Na_2CO_3-এর মিশ্রণ আছে। এই দ্রবণের 10 সি.সি.-তে ফিনলথ্যালিন সূচক যোগ করিয়া $\frac{N}{10}$ HCl দ্বারা টাইট্রেশন করা হইল। দেখা গেল 36·8 সি.সি. $\frac{N}{10}$ HCl যোগ করার পর দ্রবণের গোলাপী রঙ চলিয়া গিয়াছে। অতঃপর এই দ্রবণে অল্প পরিমাণ মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করিয়া একই অ্যাসিড দ্বারা টাইট্রেশন করিতে করিতে দেখা গেল 13·3 সি.সি. যোগ করিবার পর দ্রবণটির রঙ আবার গোলাপী হইয়াছে। দ্রবণটির 1 লিটারে NaOH এবং Na_2CO_3-এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

(উঃ। NaOH=9·4 গ্রা./লি, Na_2CO_3=14·048 গ্রা./লি.)

50. অতিরিক্ত পরিমাণ $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি HCl দ্রবণের 25 সি.সি. 27°C উষ্ণতায় এবং 750 মিমি. চাপে 15 সি.সি. শুষ্ক CO_2 উৎপন্ন করিল। অ্যাসিডটির নর্ম্যাল মাত্রা কত ? (উঃ। 0·0241 (N))

51. Na_2CO_3 এবং KOH-এর একটি মিশ্র দ্রবণের 25 সি.সি-র সহিত ফিনলথ্যালিন সূচক যোগ করিয়া $\frac{N}{20}$ HCl দ্বারা টাইট্রেশন করিলে দেখা গেল 15 সি-সি.-তে সূচকের রঙ পরিবর্তন হইয়াছে। আবার এই মিশ্র দ্রবণের 25 সি.সি. লইয়া মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করিয়া একই অ্যাসিড দ্বারা টাইট্রেশন করিবার পর দেখা গেল 25 সি.সি.-তে রঙ পরিবর্তন হইয়াছে। মিশ্রণটির শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। (উঃ। KOH=11·67%, Na_2CO_3=88·33%)

52. 0·1M NaOH দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে একটি HCl দ্রবণের 23 সি.সি. লাগিল। অ্যাসিডটির মোলার মাত্রা নির্ণয় কর। প্রতি লিটারে অ্যাসিডটির পরিমাণ কত? (উঃ। 0·109 M, 3·98 গ্রাম/লি.)

53. 1 লিটার জলে 5 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 লইয়া দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। 25 সি.সি. 0·0485M H_2SO_4-কে প্রশমিত করিতে এই দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন? (উঃ। 25·7 সি·সি.)

54. অনার্দ্র KCl এবং K_2CO_3 মিশ্রণের 3 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 সি.সি. করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 24·5 সি.সি. 0·1 M HCl-এর প্রয়োজন হইলে মিশ্রণটিতে K_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ কত ছিল? (উঃ। 56·3%)

55. 100 সি.সি. 0·5M H_2SO_4-এ 1 গ্রাম Mg যোগ করা হইল। বিক্রিয়া শেষে উদ্বৃত্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 33·4 সি.সি. 0·1M NaOH-এর প্রয়োজন হইল। Mg-এর পারমাণবিক ওজন কত? (উঃ। 24)

56. একটি দ্বিযোজী ধাতুর ক্ষারীয় অক্সাইডের 0·510 গ্রাম 50 সি.সি. NHCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিবার পর উদ্বৃত্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 12 সি.সি. M Na_2CO_3-এর প্রয়োজন হইল। অক্সাইডটির আণবিক ওজন বা ফরমুলা ওজন নির্ণয় কর। (উঃ। 40·1)

57. 1 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 এবং 1 গ্রাম অনার্দ্র NaOH-এর মিশ্রণকে প্রশমিত করিতে O·1M H_2SO_4-এর কত আয়তন প্রয়োজন? (উঃ। 219 সি.সি.)

58. উইনচেস্টার বোতলে জল লইয়া অতিরিক্ত $Ca(OH)_2$ যোগ করিয়া এবং ঝাঁকাইয়া সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 12 সি.সি· 0·1 M HCl-এর প্রয়োজন হইলে ঘরের উষ্ণতায় $Ca(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা কত? (উঃ। 0·18)

59. দুইটি অ্যাসিড দ্রবণের একটির 100 সি.সি.-এর সহিত অপরটির 100 সি. সি. যোগ করা হইল। প্রথমটির 100 সি. সি.-তে 10 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 ছিল এবং দ্বিতীয়টির 100 সি.সি.-তে 15 গ্রাম বিশুদ্ধ HCl ছিল। উৎপন্ন মিশ্রণটিকে ভালভাবে ঝাঁকাইয়া সমসত্ত্ব করা হইল। মিশ্রিত অ্যাসিড দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে M NaOH-এর কত আয়তন লাগিবে। (উঃ। 76·9 সি.সি.)

60. 1·10 গ্রাম ধাতব Na ধীরে ধীরে জলে যোগ করা হইল। বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন দ্রবণকে 75 সি.সি. M HCl-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া পাতিত জল সহযোগে দ্রবণের আয়তন 250 সি.সি. করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি.সি.-কে প্রশমিত করিতে 27·1 সি.সি. 0·1 M KOH-এর প্রয়োজন হইলে Na-এর পারমাণবিক ওজন কত? (উঃ। 23·0)

61. অক্সালিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত $H_2C_2O_4$, xH_2O। এই অ্যাসিডের 5 গ্রামকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 সি.সি. করা

হইল। এই দ্রবণের 25 সি.সি:-কে প্রশমিত করিতে 15·9 সিসি. 0·5 M NaOH-এর প্রয়োজন হইলে অক্সালিক অ্যাসিডের অণুতে কত অণু কেলাস জল আছে ?
(উঃ। $x=2$)

62. বিশুদ্ধ জলের মোলার মাত্রা কত ? জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম/সি.সি.
[I. I. T. 1976] (উঃ। 55·55)

63. MgO অশুদ্ধি আছে এমন একটি ধাতব Mg-এর নমুনার কিছু পরিমাণ 125 মিলি. 0·1 (N) H_2SO_4-এ দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন H_2-এর আয়তন 27°C উষ্ণতা এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 120·1 মিলি. এবং অবশিষ্ট H_2SO_4 অ্যাসিডের মাত্রা 0·02 (N)। (a) নমুনাটির কত গ্রাম দ্রবীভূত করা হইয়াছিল এবং নমুনাটিতে Mg-এর শতকরা পরিমাণ কত ছিল ?
[I. I. T. 1977] (উঃ। 0·1235, 95·94%)

64. (a) 200 মিলি. 0·5 N H_2SO_4 প্রস্তুতির জন্য কত মিলি. ঘন H_2SO_4-এর প্রয়োজন হইবে, যদি উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84 হয় এবং ওজন হিসাবে ঘন H_2SO_4-এ 98% H_2SO_4 থাকে।

(b) Na_2CO_3, H_2O-এর 0·62 গ্রাম 100 মিলি. 0·1 N H_2SO_4-এ যোগ করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের প্রকৃতি কি হইবে ? আম্লিক অথবা ক্ষারীয় অথবা প্রশম ? [I. I. T. 1976] (উঃ। (a) 2·72 মিলি. (b) প্রশম)

65. M_1 মোলারিটি বিশিষ্ট একটি দ্রবণের V_1 মিলি.-এ V_2 মিলি. জল যোগ করিয়া দ্রবণের মাত্রা M_2 করা হইল। V_2-এর সহিত V_1, M_1 এবং M_2-এর সম্পর্ক একটি ফর্মুলার সাহায্যে প্রকাশ কর। [I. I. T. 1977]

$$\left[V_2=V_1\left(\frac{M_1-M_2}{M_2}\right)\right],$$

66. এক লিটার $\frac{N}{2}$ HCl-কে উত্তপ্ত করার পর দেখা গেল 2·675 গ্রাম HCl গ্যাস দূরীভূত হইয়াছে এবং আয়তন দাঁড়াইয়াছে 750 মিলি. (i) প্রাপ্ত দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর ; (ii) মূল দ্রবণের 100 মিলি.-এ কত মিলি. তুল্যাঙ্ক (mili equivalent) HCl ছিল ? [I. I. T. 1975]
(উঃ। 0·569 N, 50 মিলি. তুল্যাঙ্ক)

67. 2·7 গ্রাম Al 75·0 মিলি. H_2SO_4-এর সহিত যুক্ত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। (H_2SO_4 দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·18 এবং উহাতে ওজন হিসাবে 24·7% বিশুদ্ধ H_2SO_4 ছিল।) বিক্রিয়াশেষে দ্রবণে জল যোগ করিয়া মোট আয়তন 400 মিলি. করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণে H_2SO_4-এর মোলার মাত্রা নির্ণয় কর। [I. I. T. 1972] (উঃ। 0·183 M)

৭

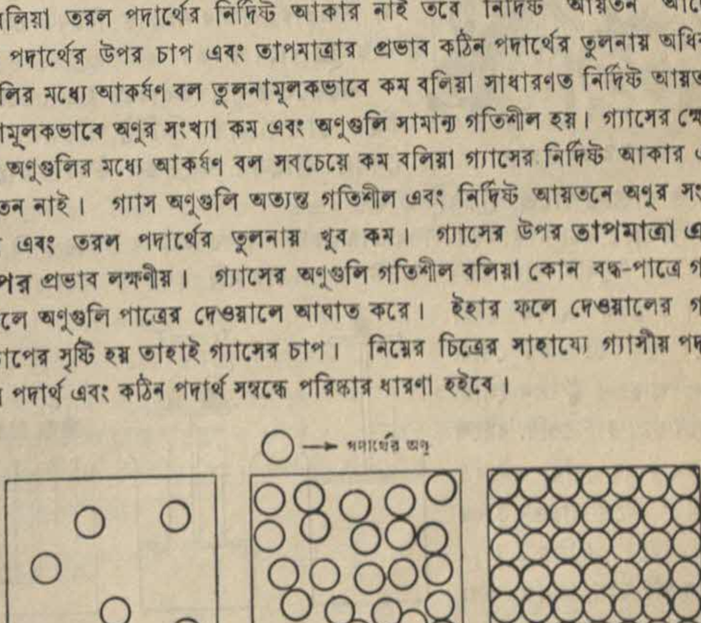
গ্যাসীয় অবস্থা

GASEOUS STATE

[**Syllabus :** Boyle's law, Charle's law, Gas Constant R, PV=nRT, Dalton's law of partial pressure. Graham's law of diffusion of gases, Numerical problems.]

আমরা জানি পদার্থের তিনটি অবস্থা—কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয় অবস্থা। কঠিন পদার্থের অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল প্রবল বলিয়া কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট আকার এবং আয়তন আছে। কঠিন পদার্থের উপর চাপ এবং তাপমাত্রার প্রভাব নগণ্য। অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল প্রবল হওয়ায় অনেকগুলি অণু অল্প আয়তনের মধ্যে নির্দিষ্ট সজ্জায় সজ্জিত থাকে। কঠিন পদার্থের অণুগুলি গতিশীল নহে। [তবে ইহাদের মধ্যে কম্পন (vibration) আছে]।

তরল পদার্থের ক্ষেত্রে অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল কঠিন পদার্থের তুলনায় কম বলিয়া তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার নাই তবে নির্দিষ্ট আয়তন আছে। তরল পদার্থের উপর চাপ এবং তাপমাত্রার প্রভাব কঠিন পদার্থের তুলনায় অধিক। অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল তুলনামূলকভাবে কম বলিয়া সাধারণত নির্দিষ্ট আয়তনে তুলনামূলকভাবে অণুর সংখ্যা কম এবং অণুগুলি সামান্য গতিশীল হয়। গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল সবচেয়ে কম বলিয়া গ্যাসের নির্দিষ্ট আকার এবং আয়তন নাই। গ্যাস অণুগুলি অত্যন্ত গতিশীল এবং নির্দিষ্ট আয়তনে অণুর সংখ্যা কঠিন এবং তরল পদার্থের তুলনায় খুব কম। গ্যাসের উপর তাপমাত্রা এবং চাপের প্রভাব লক্ষণীয়। গ্যাসের অণুগুলি গতিশীল বলিয়া কোন বদ্ধ-পাত্রে গ্যাস রাখিলে অণুগুলি পাত্রের দেওয়ালে আঘাত করে। ইহার ফলে দেওয়ালের গায়ে যে-চাপের সৃষ্টি হয় তাহাই গ্যাসের চাপ। নিম্নের চিত্রের সাহায্যে গ্যাসীয় পদার্থ, তরল পদার্থ এবং কঠিন পদার্থ সম্বন্ধে পরিষ্কার ধারণা হইবে।



চিত্র 7.1

গ্যাসের উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব (Effect of pressure and temperature on gas) : পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, গ্যাসের উপর চাপের প্রভাব উল্লেখযোগ্য। তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া যদি গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি করা হয় তাহা হইলে গ্যাসের আয়তন উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস পায়। তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া গ্যাসের উপর হইতে চাপ হ্রাস করিলে উহার আয়তন লক্ষণীয়ভাবে বৃদ্ধি পায়। আবার গ্যাসের উপর চাপ স্থির রাখিয়া যদি উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা যায় গ্যাসের আয়তন লক্ষণীয়ভাবে বৃদ্ধি পায়। তাপমাত্রা হ্রাস করিলে অনুরূপভাবে আয়তন সঙ্কুচিত হয়।

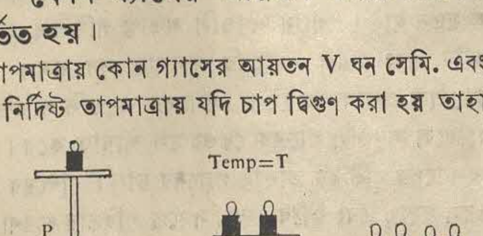


চিত্র 7.2 রবার্ট বয়েল

যেহেতু সকল প্রাকৃতিক ঘটনাই কতকগুলি নিয়ম মানিয়া চলে সেহেতু গ্যাসের আয়তনের উপর চাপ এবং তাপমাত্রার প্রভাবও নির্দিষ্ট নিয়ম মানিয়া চলে। স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাসের উপর চাপের প্রভাব-সংক্রান্ত নিয়মটি **বয়েলের সূত্র** নামে খ্যাত এবং স্থির চাপে নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাসের উপর তাপমাত্রা বা উষ্ণতার প্রভাব-সংক্রান্ত নিয়মটি **চার্লস-এর সূত্র** নামে খ্যাত।

বয়েলের সূত্র (Boyle's Law, 1662) : স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন উহার চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

ব্যাখ্যা : ধরা যাক, স্থির তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের আয়তন V ঘন সেমি. এবং উহার চাপ P সেমি. পারদস্তম্ভ। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যদি চাপ দ্বিগুণ করা হয় তাহা হইলে আয়তন অর্ধেক হইয়া যাইবে অর্থাৎ চাপ 2 P সেমি. হইলে আয়তন $\frac{V}{2}$ ঘন সেমি. হইবে। চাপ 3 P সেমি. হইলে আয়তন $\frac{V}{3}$ ঘন সেমি. হইবে। চাপ 4 P হইলে আয়তন $\frac{V}{4}$ ঘন সেমি. হইবে (চিত্র 7.3)। আবার যদি চাপ অর্ধেক করা হয় তাহা হইলে আয়তন দ্বিগুণ হইবে। অর্থাৎ চাপ $\frac{P}{2}$ সেমি. হইলে আয়ত 2 V ঘন সেমি. হইবে। চাপ $\frac{P}{3}$ সেমি. হইলে আয়তন 3 V হইবে।



চিত্র 7.3 (পিস্টনের ওজন এবং গতিশীল অবস্থায় উৎপন্ন ঘর্ষণজনিত বাধা উপেক্ষা করা হইয়াছে।)

দ্রষ্টব্য : সাম্যাবস্থায় কোন গ্যাসের উপরে প্রদত্ত চাপ গ্যাসের নিজস্ব চাপের সমান। তাই সাম্যাবস্থায় গ্যাসের উপরের চাপকে গ্যাসের চাপ হিসাবেও অভিহিত করা হয়।

সুতরাং বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{I}{P}$ তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া

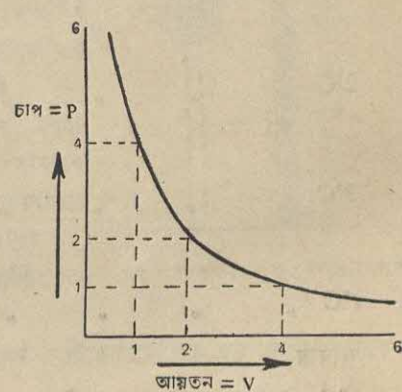
বা, $V=\frac{K}{P}$ যখন K=একটি ধ্রুবক (Constant)

$\therefore$ PV=K " " "

K-এর মান তাপমাত্রা ও গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। যদি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন P_1, P_2, P_3 ... P_n চাপে যথাক্রমে, $V_1, V_2, V_3 \cdots\cdots V_n$ ইত্যাদি হয় তাহা হইলে

$$P_1V_1=P_2V_2=P_3V_3=\cdots\cdots=P_nV_n$$

বয়েলের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ : স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাস লইয়া বিভিন্ন চাপে গ্যাসটির আয়তন নির্ণয় করা হয়। (ইহা করিতে যে-যন্ত্র ব্যবহার করা হয় সেই যন্ত্রের নাম বয়েলের যন্ত্র)। ইহার পর একটি লেখ-কাগজে y-অক্ষকে চাপ-অক্ষ এবং x-অক্ষকে আয়তন-অক্ষ ধরিয়া বিভিন্ন চাপে আয়তনের মান বসাইয়া লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়।



চিত্র 7.4 বয়েল সূত্রের লেখচিত্র

PV=K সমীকরণটি একটি সম পরাবৃত্তাকার (rectangular hyperbola) লেখচিত্রের সমীকরণ। সুতরাং P−V লেখটি সমপরাবৃত্তাকার হওয়া উচিত। বাস্তবক্ষেত্রে তাহাই পাওয়া যায়। চিত্র 7.4-এ প্রাপ্ত লেখচিত্রটি দেখান হইল। সুতরাং বয়েলের সূত্র পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণিত হইল।

স্থির উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্ক (Relation between pressure and density at constant temp) :

বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$P_1V_1=P_2V_2 \quad \text{বা,} \quad \frac{P_1}{P_2}=\frac{V_2}{V_1}$$

যেহেতু কোন গ্যাসের ঘনত্ব উহার আয়তনের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ, $V \propto \frac{1}{D}$ সুতরাং, $\frac{V_2}{V_1}=\frac{D_1}{D_2}$

$$\therefore \frac{P_1}{P_2}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{D_1}{D_2} \quad \text{বা,} \quad \frac{P_1}{P_2}=\frac{D_1}{D_2} \quad \text{অর্থাৎ,} \quad P \propto D$$

সুতরাং, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব উহার চাপের সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

চার্লস-এর সূত্র (1787 খ্রীস্টাব্দ) : স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে কিভাবে পরিবর্তিত হইবে সেই সম্পর্কে ফরাসী বিজ্ঞানী চার্লস 1787 খ্রীস্টাব্দে একটি সূত্র দেন, তাহাই চার্লস সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি নিম্নরূপ :

চাপ স্থির রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ কোনও গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি অথবা হ্রাস করিলে উহার আয়তন, প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য গ্যাসটির 0°C উষ্ণতায় যে-আয়তন হয়, সেই আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

মনে করা যাক, 0°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন V_0c.c.। সুতরাং স্থির চাপে

1°C উষ্ণতা বাড়াইলে গ্যাসটির আয়তন হইবে $\left(V_0+\frac{V_0}{273}\right)$c.c. $=V_0(1+\frac{1}{273})$c.c.

2°C " " " " " $\left(V_0+\frac{2V_0}{273}\right)$c.c. $=V_0(1+\frac{2}{273})$c.c.

3°C " " " " " $\left(V_0+\frac{3V_0}{273}\right)$c.c. $=V_0(1+\frac{3}{273})$c.c.

t°C " " " " " $=V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$c.c.

আবার,

1°C উষ্ণতা কমাইলে গ্যাসটির আয়তন হইবে $\left(V_0-\frac{V_0}{273}\right)$c.c. $=V_0(1-\frac{1}{273})$c.c.

2°C " " " " " $\left(V_0-\frac{2V_0}{273}\right)$c.c. $=V_0(1-\frac{2}{273})$c.c.

3°C " " " " " $\left(V_0-\frac{3V_0}{273}\right)$c.c. $=V_0(1-\frac{3}{273})$c.c.

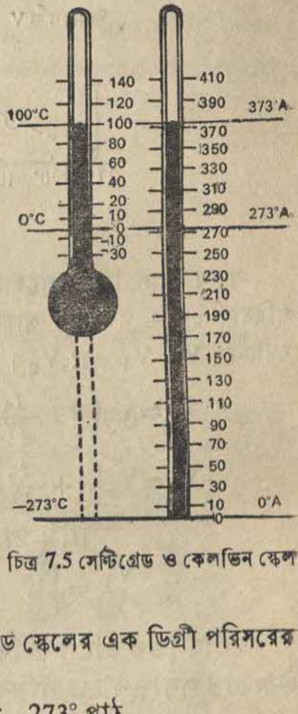
t°C " " " " " $=V_0\left(1-\frac{t}{273}\right)$c.c.

পরম শূন্য এবং পরম উষ্ণতা (Absolute Zero and Absolute temperature) : 0°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন যদি

V_0 c.c. হয় তাহা হইলে $-273°C$-এ ইহার আয়তন$=V_0(1-\frac{273}{273})=0$ c.c. হইবে। অর্থাৎ $-273°C$ তাপমাত্রায় যে-কোন গ্যাসের আয়তন লোপ পায়। এই $-273°C$-কে 0 (শূন্য) ধরিয়া উষ্ণতা মাপিবার যে-নূতন স্কেল পাওয়া যায় তাহাকে উষ্ণতা মাপিবার চরম স্কেল বা পরম স্কেল বলা হয়। সুতরাং যে-তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনের অবলুপ্তি ঘটে, তাপমাত্রার পরম স্কেল অনুসারে তাহার মান 0 (শূন্য) ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা। তাই এই তাপমাত্রাকে **পরম শূন্য** (absolute zero) বলা হয়।

শূন্য ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা হইল $-273°C$ তাপমাত্রার সমান। তাপমাত্রার পরম স্কেল অনুসারে তাপমাত্রার মানকে বলা হয় **পরম তাপমাত্রা বা পরম উষ্ণতা**। এই তাপমাত্রাকে $T°A$ রূপে প্রকাশ করা হয়। এই তাপমাত্রা সম্বন্ধে যিনি প্রথম ধারণা দেন তিনি হলেন লর্ড কেলভিন (Lord Kelvin)। তাঁহার নাম অনুসারে এই তাপমাত্রাকে $T°K$ রূপেও প্রকাশ করা হয়।

এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা ভাল যে, কোন গ্যাসের উষ্ণতা $-273°C$ বা $0°A$-এ নামানো বাস্তবক্ষেত্রে সম্ভব নহে, কারণ এই তাপমাত্রায় নামানোর বহু পূর্বেই গ্যাস কঠিন হইয়া যাইবে।



চিত্র 7.5 সেন্টিগ্রেড ও কেলভিন স্কেল

তাপমাত্রার পরম স্কেল এবং সেন্টিগ্রেড স্কেলের সম্পর্ক :

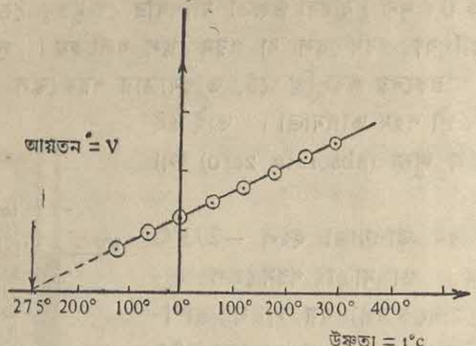
পরম উষ্ণতা স্কেলের এক ডিগ্রীর পরিসর সেন্টিগ্রেড স্কেলের এক ডিগ্রী পরিসরের সমান। আবার,

পরম	স্কেলের	$0°$ পাঠ	=	সেন্টিগ্রেড	স্কেলের	$-273°$ পাঠ
"	"	$1°$ "	=	"	"	$-273+1=272°$ পাঠ
"	"	$2°$ "	=	"	"	$-273+2=271°$ "
"	"	$3°$ "	=	"	"	$-273+3=270°$ "
∴	"	$273°$ "	=	"	"	$-273+273=0°$ "
∴	"	$(273+1)°$ "	=	"	"	$1°$ "
∴	"	$(273+2)°$ "	=	"	"	$2°$ "
∴	"	$(273+3)°$ "	=	"	"	$3°$ "
∴	"	$(273+t)°$ "	=	"	"	$t°$ "

$\therefore\ t°C=(273+t°)\ A$

সুতরাং সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার সহিত 273 যোগ করিলে আমরা পরম তাপমাত্রা পাই (চিত্র 7.5)। তাপমাত্রার সেন্টিগ্রেড স্কেলের সহিত পরম স্কেলের সম্পর্ক

নিম্নের লেখচিত্র সাহায্যেও বুঝা যাইবে। স্পষ্টতই, $-273°C$-কে $0°$ পরম স্কেল ধরিলে $0°C=0+273°$ পরম স্কেল, $t°C=t+273°$ পরম স্কেল(চিত্র 7.6)।



চিত্র 7.6

পরম উষ্ণতার আলোকে চার্লসের সূত্র : মনে করা যাক, নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন স্থির চাপে $0°C$, $t_1°C$ এবং $t_2°C$ উষ্ণতায় যথাক্রমে V_0, V_1 এবং V_2। চার্লসের সূত্রানুসারে,

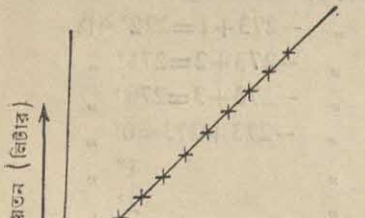
$$V_1=V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right)=V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right)=V_0\frac{T_1}{273}$$

$$V_2=V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right)=V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)=V_0\frac{T_2}{273}$$

$$[t_1+273=T_1A,\ t_2+273=T_2A]$$

$$\therefore\ \frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}\quad \text{অথবা,}\quad \frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}=K\quad \therefore\ V\propto T$$

অর্থাৎ স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।



চিত্র 7.7

অর্থাৎ, বিভিন্ন পরম তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করিয়া x-অক্ষকে তাপমাত্রা-অক্ষ এবং y-অক্ষকে আয়তন-অক্ষ ধরিয়া বিভিন্ন তাপমাত্রায় আয়তনের মান লেখ-কাগজে (Graph Paper) বসাইলে যে-লেখ (Graph) পাওয়া যায় তাহা একটি সরল-রেখা হইবে এবং উহা মূল বিন্দু দিয়া যাইবে (চিত্র 7.7)।

সূত্রটির পরীক্ষাগত প্রমাণ : চাপ স্থির রাখিয়া বিভিন্ন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন মাপা হয়।

অতঃপর x-অক্ষকে তাপমাত্রা-অক্ষ এবং y-অক্ষকে আয়তন-অক্ষ ধরিয়া বিভিন্ন তাপমাত্রায় (পরম স্কেলে) আয়তনের মান বসাইলে যে-লেখ পাওয়া যায় তাহা একটি সরলরেখা হয় এবং সরলরেখাটি মূল বিন্দুর (origin) মধ্য দিয়া যায়। প্রায় সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই এইরূপ সরলরেখা পাওয়া যায়। সুতরাং সূত্রটি প্রমাণিত হইল।

স্থির চাপে পরম তাপমাত্রা এবং গ্যাসের ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক (Relation between density and absolute temperature of gases at fixed pressure) :

আমরা জানি, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{D_2}{D_1}$

আবার চার্লস-এর সূত্র থেকে জানি, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{D_2}{D_1} \quad \therefore \; D \propto \frac{1}{T} \text{ (স্থির চাপে)}$$

সুতরাং, স্থির চাপে যে-কোন গ্যাসের ঘনত্ব উহার পরম তাপমাত্রার সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ এবং তাপমাত্রার সঙ্গে সম্পর্ক (Relation between pressure and temperature at constant volume) (গে-লুসাক) :

আমরা জানি, $V \propto \frac{1}{P}$ [V=নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, P=গ্যাসটির চাপ এবং T=গ্যাসটির পরম তাপমাত্রা]

আবার, $V \propto T \quad \therefore \; V \propto \frac{T}{P}$

বা, $PV=KT$ বা, $P=\frac{K}{V}\cdot T$

স্থির আয়তনে $\frac{K}{V}$=একটি ধ্রুবক

$\therefore \; P \propto T$



চিত্র 7.9 গে-লুসাক

অতএব স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের চাপ উহার পরম তাপমাত্রার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়। ইহা গে-লুসাকের সূত্র হিসাবে পরিচিত।

গ্যাসীয় অবস্থার সংযুক্ত সমীকরণ (Combination of Boyle's & Charle's law) :

ধরা যাক, নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন V, চাপ P এবং উষ্ণতা T°A

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ স্থির উষ্ণতায় (বয়েলের সূত্র)}$$

$V \propto T$ স্থির চাপে (চার্লস্-এর সূত্র)

$\therefore \quad V \propto \frac{T}{P}$ যখন T এবং P উভয়ই পরিবর্তিত হয়।

বা, $V = K\frac{T}{P}$ বা, $\frac{PV}{T} = K$ বা, $PV = KT$

ধরা যাক, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন ও চাপ T_1°A উষ্ণতায় যথাক্রমে V_1 এবং P_1 এবং একই পরিমাণ গ্যাসটির আয়তন এবং চাপ T_2°A উষ্ণতায় যথাক্রমে V_2 এবং P_2 ।

তাহা হইলে, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = K$ (ধ্রুবক)

অনুরূপভাবে বলা যায় যে, $\frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3}$

সুতরাং সাধারণভাবে বলা যাইতে পারে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3} = \cdots\cdots = \frac{P_nV_n}{T_n} = K$$

যখন K একটি ধ্রুবক এবং গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল।

দেখা গিয়াছে, এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে K-এর মান সর্বদাই সমান তাই K-এর পরিবর্তে R লিখিয়া উল্লিখিত সমীকরণ নিম্নলিখিত আকারে লেখা হয়—

$PV = RT$ (V=এক মোল বা এক গ্রাম-অণু গ্যাসের আয়তন)

R-কে **গ্রাম-আণবিক গ্যাস ধ্রুবক (molar gas constant)** বলা হয়। সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে ইহার মান একই বলিয়া ইহাকে **সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক (universal gas constant)**-ও বলা হয়।

বয়েল ও চার্লস-এর সূত্রের সহিত অ্যাভোগেড্রোর সূত্রের সংযুক্তিকরণ : অ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প হইতে আমরা জানি নির্দিষ্ট চাপ এবং তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণু সকল গ্যাসের আয়তন সমান। ইহার মান V c.c. হইলে, 2 গ্রাম-অণুর আয়তন হইবে 2Vc.c অর্থাৎ নির্দিষ্ট চাপ এবং তাপমাত্রায় যে-কোন গ্যাসের আয়তন উহার গ্রাম-অণুর সংখ্যার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

যদি n গ্রাম-অণু কোনও গ্যাসের আয়তন V, চাপ P এবং উষ্ণতা T°A হয় তাহা হইলে,

$V \propto \frac{1}{P}$ যখন n এবং T স্থির (বয়েলের সূত্র)

$V \propto T$ … n এবং P স্থির (চার্লস-এর সূত্র)

$V \propto n$ … P এবং T স্থির (অ্যাভোগেড্রোর সূত্র)

$\therefore \quad V \propto \frac{nT}{P}$

$$\therefore \quad PV = nRT \quad \text{অথবা} \quad V = \frac{nRT}{P}$$

নির্দিষ্ট পরিমাণ কোনও গ্যাসের ওজন g গ্রাম হইলে এবং যদি গ্যাসটির আণবিক ওজন M হয়, তাহা হইলে গ্যাসটির গ্রাম-অণুর সংখ্যা $n = \frac{g}{M}$ হইবে।

$$\therefore \quad PV = nRT = \frac{g}{M} RT$$

P, V, g, R এবং T-এর মান জানা থাকিলে এই সমীকরণের সাহায্যে গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব।

আদর্শ গ্যাস এবং বাস্তব গ্যাস (Ideal gas and real gas) : পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, উচ্চ তাপমাত্রায় অথবা নিম্ন চাপে গ্যাসীয় পদার্থগুলি PV=nRT সমীকরণটি অনুসরণ করে। কিন্তু সাধারণ চাপ এবং তাপমাত্রায় প্রকৃতিতে অবস্থানকারী গ্যাসগুলি এই সমীকরণটি সম্পূর্ণভাবে অনুসরণ করে না। যে-সকল গ্যাস PV=nRT সমীকরণটি অনুসরণ করে সেই সকল গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস (ideal gas) বলা হয়। সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় প্রকৃতিতে অবস্থানকারী গ্যাসগুলিকে বাস্তব গ্যাস (real gas) বলা হয়। প্রকৃত প্রস্তাবে প্রকৃতিতে আদর্শ গ্যাস বিরল, যদিও আদর্শ গ্যাস সম্বন্ধে আমরা একটি ধারণা করিতে পারি। তবে সকল বাস্তব গ্যাস উচ্চ তাপমাত্রায় অথবা নিম্ন চাপে আদর্শ গ্যাসের ন্যায় ব্যবহার করে। এই চাপ ও তাপমাত্রা আবার বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

R-এর একক :

$$R = \frac{PV}{T} \text{ এক গ্রাম-অণুর জন্য}$$

আমরা জানি, $P = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{\text{বল}}{[\text{দৈর্ঘ্য}]^2}$

$$V = \text{আয়তন} = [\text{দৈর্ঘ্য}]^3, \quad T = \text{ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা}$$

$$\therefore \quad \text{এক গ্রাম-অণুর জন্য } R = \frac{\text{বল}}{[\text{দৈর্ঘ্য}]^2} \times [\text{দৈর্ঘ্য}]^3 \times \frac{1}{\text{ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা}}$$

যে-কোন পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে যেহেতু PV=nRT (যেখানে n=গ্রাম-অণুর সংখ্যা)

$$\therefore \quad R = \frac{\text{বল} \times \text{দৈর্ঘ্য}}{\text{ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা}} \Big/ \text{গ্রাম-অণুর সংখ্যা}$$

=কার্য / প্রতি গ্রাম-অণু প্রতি ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা [$\because$ বল × দৈর্ঘ্য = কার্য]

=প্রতি ডিগ্রী পরম তাপমাত্রায় এবং প্রতি গ্রাম-অণুতে কার্যের পরিমাণ।

সুতরাং R-কে শক্তি বা কার্যের এককরূপে প্রকাশ করা যাইতে পারে।

বিভিন্ন এককে R-এর মান : শক্তির (energy) বিভিন্ন একক আছে। সুতরাং, R-এর মানও বিভিন্ন এককে বিভিন্ন হইবে।

(a) লিটার অ্যাটমোসফিয়ার এককে R-এর মান :

আমরা জানি এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 0°C বা 273° পরম তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার

$\therefore \quad R=\frac{1\times 22{\cdot}4}{273}=0{\cdot}082$ লিটার অ্যাটমোসফিয়ার প্রতি ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা প্রতি গ্রাম-অণু=0·082 লিটার অ্যাটমোসফিয়ার/°A/গ্রাম-অণু

(b) সি. জি. এস. এককে R-এর মান :

1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ=$76\times 13{\cdot}6\times 981$ ডাইন/সেমি.^{2}

1 গ্রাম অণু গ্যাসের আয়তন=22400 c.c.

0°C=273° A

$\therefore \quad R=\frac{76\times 13{\cdot}6\times 981\times 22400}{273}$ আর্গ/ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা/গ্রাম-অণু

$=8{\cdot}313\times 10^7$ আর্গ/ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা/গ্রাম-অণু

(c) ক্যালোরিতে R-এর মান :

আমরা জানি, $4{\cdot}184\times 10^7$ আর্গ=1 ক্যালোরি

$\therefore \quad R=\frac{8{\cdot}313\times 10^7}{4{\cdot}184\times 10^7}$ ক্যালোরি/ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা/গ্রাম-অণু

$=1{\cdot}987$ ক্যালরি/ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা/গ্রাম-অণু

প্রমাণ চাপ এবং তাপমাত্রা (Standard temperature and pressure S. T. P. or Normal temperature and pressure N. T. P.) : আমরা জানি যে, নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন চাপ এবং তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। বিভিন্ন সময়ে এবং স্থানে বিভিন্ন বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এবং তাপমাত্রা বর্তমান থাকায় বিভিন্ন সময়ে এবং স্থানে একটি গ্যাসের একই পরিমাণের বিভিন্ন আয়তন হইবে। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য বিজ্ঞানিগণ একটি নির্দিষ্ট বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এবং তাপমাত্রাকে প্রমাণ (standard) ধরিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তনকে সেই চাপ এবং তাপমাত্রায় পরিবর্তিত করিয়া প্রকাশ করেন। ইহার ফলে, বিভিন্ন সময়ে এবং স্থানে একটি গ্যাসের নির্দিষ্ট পরিমাণের আয়তন বিভিন্ন হইলেও ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসটির আয়তন একই হইবে। এই নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং চাপকে প্রমাণ তাপমাত্রা এবং চাপ বলা হয়। প্রমাণ তাপমাত্রা হইল 0°C বা 273°A এবং প্রমাণ চাপ হইল এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ অথবা ব্যারোমিটারের পারদের 76 সেমি.। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রাকে সংক্ষেপে S. T. P. অথবা N. T. P. দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

অংশ চাপ বা আংশিক চাপ (Partial pressure) : রাসায়নিকভাবে ক্রিয়াশীল নহে এমন একাধিক গ্যাসের বিভিন্ন আয়তন মিশ্রিত করিয়া যদি নির্দিষ্ট আয়তন পাত্রে বদ্ধ করা হয়, তাহা হইলে স্থির উষ্ণতায় ঐ গ্যাসমিশ্রণটি পাত্রটির

দেওয়ালে যে মোট চাপ দিবে তাহাতে প্রত্যেকটি উপাদান গ্যাসের অবদান থাকিবে। মোট চাপে, এক একটি গ্যাসের নিজস্ব অবদান হইল উহাদের আংশিক চাপ। পাত্রটিতে গ্যাসমিশ্রণের যে-কোন একটির ব্যবহৃত আয়তন আবদ্ধ করিলে ঐ গ্যাসটি পাত্রটির দেওয়ালে যে-চাপ প্রদান করিবে সেই চাপই ঐ নির্দিষ্ট গ্যাসটির আংশিক চাপ।

যদি নির্দিষ্ট আয়তন কোন পাত্রে A এবং B গ্যাসের যথাক্রমে a আয়তন ও b আয়তন আবদ্ধ করা হয় এবং যদি পাত্রটির আয়তন V c.c. হয় তাহা হইলে পাত্রটিতে কেবলমাত্র A গ্যাস থাকিলে উহা পাত্রটির দেওয়ালে যে-চাপ দিবে তাহা হইবে A গ্যাসের আংশিক চাপ (p_A)। অনুরূপভাবে পাত্রটিতে কেবলমাত্র B গ্যাস থাকিলে পাত্রটির দেওয়ালে ইহা যে-পরিমাণ চাপ দিবে তাহা হইবে B গ্যাসের আংশিক চাপ (p_B)।

ডালটনের অংশচাপ সূত্র (Dalton's law of partial pressure) : নানারকম পরীক্ষা করিয়া জন ডালটন গ্যাসীয় পদার্থের অংশচাপ-সংক্রান্ত একটি সূত্র দেন। সূত্রটি নিম্নরূপ :

স্থির আয়তনে এবং স্থির তাপমাত্রায়, রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়াশীল নহে এমন কতকগুলি গ্যাসীয় পদার্থ বা বাষ্পীয় পদার্থের বিভিন্ন আয়তনের মিশ্রণের মোট চাপ মিশ্রিত গ্যাস অথবা, বাষ্পীয় পদার্থের অংশচাপগুলির যোগফলের সমান।

সুতরাং যদি A, B, C……ইত্যাদি কতকগুলি গ্যাসের বিভিন্ন আয়তন একটি নির্দিষ্ট পাত্রে আবদ্ধ করা হয় এবং নির্দিষ্ট আয়তনে মিশ্রণটির মোট চাপ যদি P হয় তাহা হইলে ডালটনের সূত্রানুসারে

$P=p_A+p_B+p_C+\cdots\cdots$ যখন p_A, p_B, p_C যথাক্রমে A, B এবং C ইত্যাদি গ্যাসের অংশচাপ।

গাণিতিক উপায়ে অংশচাপ সূত্রের প্রমাণ (Mathematical deduction of Dalton's law of partial pressure) :

ধরা যাক, A গ্যাসের V_A আয়তন B গ্যাসের V_B আয়তনের সহিত মিশ্রিত করা হইল। আবার ধরা যাক, মিশ্রিত করিবার পর A গ্যাসে আংশিক চাপ p_A এবং B গ্যাসে আংশিক চাপ p_B এবং মিশ্রণের মোট চাপ=P

$\therefore$ মিশ্রণের মোট আয়তন$=V_A+V_B$

বয়েলের সূত্রানুসারে, $P(V_A+V_B)=nRT$ (স্থির তাপমাত্রায়)

$=(n_A+n_B)\,RT$

যখন, n_A=A গ্যাসের গ্রাম-অণু সংখ্যা n_B=B গ্যাসের গ্রাম-অণু সংখ্যা

$\therefore\ P(V_A+V_B)=n_ART+n_BRT$, কিন্তু $n_ART=p_A(V_A+V_B)$

এবং $n_B\,RT=p_B(V_A+V_B)$

$\therefore \quad P(V_A+V_B)=p_A(V_A+V_B)+p_B(V_A+V_B)$

$\therefore \quad P=p_A+p_B$

অনুরূপভাবে A, B, C……ইত্যাদি গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ

$P=p_A+p_B+p_C+\cdots\cdots$ইত্যাদি, যখন $p_A, p_B, p_C\cdots\cdots$ইত্যাদি A, B, C ইত্যাদির আংশিক চাপ।

যদি মিশ্রিত করিবার পূর্বে A গ্যাসের চাপ P_A এবং B গ্যাসের চাপ P_B হয়

তাহা হইলে, $\quad P_AV_A=p_A(V_A+V_B)$; $p_A=\dfrac{P_AV_A}{V_A+V_B}$

আবার, $\quad P_BV_B=p_B(V_A+V_B)$; $p_B=\dfrac{P_BV_B}{V_A+V_B}$

অংশ চাপ সূত্রানুসারে, $\quad P=p_A+p_B=\dfrac{P_AV_A}{V_A+V_B}+\dfrac{P_BV_B}{V_A+V_B}$

বা, $\quad P(V_A+V_B)=P_AV_A+P_BV_B$

এই সমীকরণটি মিশ্রণের পূর্বে উপাদান গ্যাসের চাপের সহিত মিশ্রিত গ্যাসের মোট চাপের সম্পর্ক নির্দেশ করিতেছে।

মোল ফ্র্যাকসন এবং আংশিক চাপ (Mole fraction and partial pressure) : ধরা যাক, A গ্যাসের n_A গ্রাম-অণুর সহিত B গ্যাসের n_B গ্রাম-অণু মিশ্রিত করা হইল, এবং মিশ্রণের ফলে আয়তন V হইল এবং মিশ্রিত গ্যাসের মোট চাপ P

$\therefore$ A গ্যাসের অংশ চাপ $p_A=\dfrac{n_ART}{V} \quad \cdots \quad (1)$

এবং B „ „ „ $p_B=\dfrac{n_BRT}{V} \quad \cdots \quad (2)$

অংশ চাপ সূত্রানুসারে, $\dfrac{n_ART}{V}+\dfrac{n_BRT}{V}=P$

বা, $\quad P=(n_A+n_B)\dfrac{RT}{V} \quad \cdots \quad (3)$

(1) নং এবং (2) নং সমীকরণকে (3) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করিলে

$$p_A=\frac{n_A}{n_A+n_B}\cdot P$$

$$p_B=\frac{n_B}{n_A+n_B}\cdot P$$

$\dfrac{n_A}{n_A+n_B}$ = A গ্যাসের মোল ফ্র্যাক্‌সন (মোল ভগ্নাংশ)

$\dfrac{n_B}{n_A+n_B}$ = B „ „ „ „

সুতরাং, একটি নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাস মিশ্রণে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যদি

A, B, C……ইত্যাদি গ্যাসের n_A, n_B, n_C……ইত্যাদি সংখ্যক গ্রাম-অণু উপস্থিত থাকে তাহা হইলে,

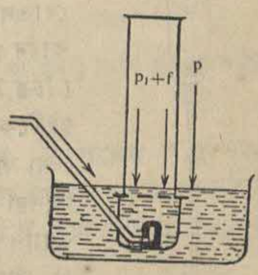
$$\text{A গ্যাসের মোল ফ্রাক্‌সন} = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C + \cdots}$$

$$\text{B} \quad '' \quad '' \quad '' = \frac{n_B}{n_A + n_B + n_C + \cdots}$$

$$\text{C} \quad '' \quad '' \quad '' = \frac{n_C}{n_A + n_B + n_C + \cdots}$$

আবার গ্যাস মিশ্রণে মোট চাপকে উপাদান গ্যাসের যে-কোন একটির মোল ফ্রাক্‌সন (mole fraction) দ্বারা গুণ করিলে আমরা নির্দিষ্ট গ্যাসটির আংশিক চাপ নির্ণয় করিতে পারি।

অংশ চাপ সূত্রের প্রয়োগ (Application of law of partial pressure) : যে-সকল গ্যাস জলে বেশি দ্রবণীয় নহে, পরীক্ষাগারে সেই সকল গ্যাসকে জলের নিম্নাপসারণ করিয়া সংগ্রহ করা হয়। সংগ্রহের সময় কিছু জলীয় বাষ্প সংগৃহীত গ্যাসের সহিত মিশিয়া যায়। ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রানুযায়ী এই মিশ্রণের মোট চাপ সংগৃহীত গ্যাসের আংশিক চাপ এবং পরীক্ষাধীন তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের আংশিক চাপের যোগফলের সমান। গ্যাসজারের ভিতরের এবং বাহিরের জলের তল এক রাখিলে মিশ্রণটির চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হইবে। বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ব্যারোমিটার হইতে



চিত্র 7.9

নির্ধারণ করা হয়। বিভিন্ন তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের একটি সারণী (Table) পাওয়া যায়। তাহা হইতে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ জানা যায়। যদি বায়ুমণ্ডলীয় চাপ P হয় এবং পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ f এবং সংগৃহীত গ্যাসের আংশিক চাপ P_1 হয় তাহা হইলে

$$P = P_1 + f \quad \text{বা,} \quad P_1 = P - f$$

সুতরাং, কোন গ্যাসের সহিত জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকিলে, শুষ্ক গ্যাসের চাপ পাইতে হইলে মোট চাপ হইতে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ (aqueous tension) বিয়োগ করিতে হয় (চিত্র 7.9)।

গ্যাসের ব্যাপন (Diffusion of gases) : রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়াহীন দুই বা ততোধিক গ্যাস যখন পরস্পর সংস্পর্শে আসে তখন তাহারা পরস্পরের সহিত মিশিয়া যায়। যতক্ষণ পর্যন্ত না তাহারা সমসত্ত্বভাবে মিশিয়া যাইতেছে ততক্ষণ এই প্রক্রিয়া চালু থাকে। এই মিশ্রণ হইবার সময় গ্যাসগুলি অভিকর্ষের প্রভাবকে পর্যন্ত উপেক্ষা করিয়া চলে, অর্থাৎ যদি কোন অবস্থায় উপরে অপেক্ষাকৃত হালকা গ্যাস এবং নীচে অপেক্ষাকৃত ভারী গ্যাস থাকে তাহা হইলে ভারী গ্যাস অভিকর্ষের

প্রভাব উপেক্ষা করিয়া উপরে উঠিয়া হালকা গ্যাসের সহিত মিশিয়া যাইবে। উপরের হালকা গ্যাস নীচের ভারী গ্যাসের সহিত মিশিতে থাকিবে এবং শেষ পর্যন্ত সমসত্ব মিশ্রণ তৈরি করিবে। **বিভিন্ন গ্যাস পরস্পরের সংস্পর্শে আসিলে তাহাদের সমসত্বভাবে মিশ্রিত হইবার প্রক্রিয়াকে বলা হয় গ্যাস ব্যাপন। ব্যাপন অভিকর্ষের প্রভাবকেও উপেক্ষা করে।**

দ্রষ্টব্য ঃ গ্যাসপূর্ণ কোন পাত্রের দেওয়ালে সূক্ষ্ম ছিদ্র সৃষ্টি করিলে পাত্রের অভ্যন্তরে গ্যাসের চাপ অধিকতর হওয়ায় ঐ ছিদ্র-পথ দিয়া গ্যাস বহির্গত হইতে থাকে। এই ঘটনাকে গ্যাসের নিঃসরণ বা অভিব্যাপন (effusion) বলা হয়। অভিব্যাপন বা নিঃসরণ ব্যাপনের সকল সূত্র মানিয়া চলে।

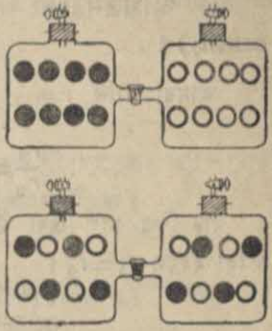
ডালটনের পরীক্ষা ঃ চিত্রানুযায়ী দুইটি বোতলের মধ্যে হাইড্রোজেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ভর্তি করিয়া বোতল দুইটির মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। অতঃপর কর্ক দুইটির মধ্য দিয়া একটি সরু কাচনল ঢুকাইয়া বোতল দুইটিকে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে নীচের বোতলে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং উপরের বোতলে হাইড্রোজেন থাকে। (চিত্র 7.10) সরু কাচনলে অবস্থিত স্টপ কক খুলিয়া গ্যাস দুইটিকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হয়। বেশ কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় যে, H_2 এবং CO_2 পরস্পরের সহিত সমসত্বভাবে মিশিয়া গিয়াছে। CO_2 হাইড্রোজেন অপেক্ষা 22 গুণ ভারী তথাপি CO_2 উপরে উঠিয়া H_2-এর সহিত মিশিয়া যায় এবং H_2 নীচে নামিয়া CO_2-এর সহিত মিশিয়া যায়। সুতরাং, দুইটি গ্যাস সংস্পর্শে আসিয়া অভিকর্ষের প্রভাব উপেক্ষা করিয়া পরস্পর সমসত্বভাবে মিশ্রিত হইল। ইহাই ব্যাপন।



চিত্র 7.10
গ্যাস ব্যাপন সম্পর্কে ডালটনের পরীক্ষা

ব্যাপনের কতকগুলি প্রাত্যহিক ঘটনা ঃ রাসায়নিক পরীক্ষাগারের (Chemical laboratory) কাছাকাছি স্থানে হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) গ্যাসের গন্ধ পাওয়া যায়। ইহার কারণ পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত H_2S ব্যাপন পদ্ধতিতে কাছাকাছি বাতাসের সহিত মিশিয়া যায়। অ্যামোনিয়া গ্যাসের বোতল খুলিলে দূর হইতে উহার গন্ধ পাওয়া যায়। বোতল খুলিবার পর ব্যাপন পদ্ধতিতে উহা বাতাসের সহিত মিশিয়া যায়। তাই দূর হইতে উহার গন্ধ পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে ক্লোরিনের বোতল খুলিলে ব্যাপন পদ্ধতিতে আমরা উহার গন্ধ পাই। সেন্ট ইত্যাদি সুগন্ধি দ্রব্যও ব্যাপন পদ্ধতিতে বাতাসের সঙ্গে মিশিয়া যায় এবং আমরা উহার গন্ধ পাই। বিভিন্ন সুগন্ধি দ্রব্যে নানারকম সুগন্ধযুক্ত উদ্বায়ী (volatile) পদার্থ থাকে। এইসকল পদার্থ বাষ্পীভূত হইয়া বাতাসের সহিত ব্যাপন পদ্ধতিতে মিশিয়া যায় এবং আমরা উহার গন্ধ পাই।

গ্যাস ব্যাপনের কৌশল (Mechanism of gas diffusion) ঃ আমরা পূর্বেই বলিয়াছি, গ্যাসের অণুর মধ্যে আকর্ষণ বল খুব কম। আকর্ষণ বল খুব কম হওয়ায় গ্যাস অণুগুলির মধ্যে দূরত্ব খুব বেশি। ইহার ফলে নির্দিষ্ট আয়তন কোন গ্যাসে শূন্যস্থান অনেক বেশি। আবার গ্যাস অণু-গুলির মধ্যে আকর্ষণ বল খুব কম হওয়ায় গ্যাস অণুগুলি সর্বদাই বিক্ষিপ্তভাবে ছোটাছুটি করে। পরীক্ষার দ্বারাও প্রমাণিত হইয়াছে যে, গ্যাস অণুগুলি প্রচণ্ডবেগে বিক্ষিপ্তভাবে বিভিন্ন দিকে ছোটাছুটি করে। এই গতির ফলেই দুইটি গ্যাস পরস্পরের সংস্পর্শে আসিলে একটি গ্যাসের শূন্যস্থানে অন্য গ্যাসের অণু আসিয়া পড়ে এবং অন্যটির শূন্যস্থানে প্রথমটির অণু আসিয়া পড়ে। এই ভাবে মিশ্রিত হইবার ফলে (ব্যাপন) গ্যাস দুইটির সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন হয় (চিত্র 7.11)।



চিত্র 7.11

ব্যাপনের হার (Rate of diffusion of gas) ঃ ব্যাপনের হার সম্বন্ধে আমাদের সম্যক অবগতির প্রয়োজন। ব্যাপনের হার বলিতে বুঝায় একক সময়ে নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাসের ব্যাপন। যদি কোন গ্যাসের V আয়তন t সেকেণ্ড সময়ে ব্যাপিত হয় তাহা হইলে ব্যাপনের হার $r=\frac{V}{t}$।

গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র (Graham's law of gaseous diffusion, 1829) : বিভিন্ন গ্যাস লইয়া পরীক্ষা করার পর 1829 খ্রীস্টাব্দে টমাস গ্রাহাম গ্যাসের ব্যাপন-সংক্রান্ত একটি সূত্র দেন। তাহা গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র নামে খ্যাত। সূত্রটি হইল : **স্থির চাপ এবং তাপমাত্রায় রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়াহীন বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপনের হার (অর্থাৎ পরস্পরের মিশ্রণের হার), উহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।**

ধরা যাক, দুইটি গ্যাসের ঘনত্ব-যথাক্রমে d_1 এবং d_2 এবং নির্দিষ্ট চাপ এবং তাপমাত্রায় উহাদের ব্যাপনের হার যথাক্রমে r_1 এবং r_2।

গ্রাহামের সূত্রানুসারে,

$$r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{d_1}} \quad \text{বা,} \quad r_1=\frac{K}{\sqrt{d_1}}$$

$$r_2 \propto \frac{1}{\sqrt{d_2}} \quad \text{বা,} \quad r_2=\frac{K}{\sqrt{d_2}}$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

গ্রাহামের সূত্রের উপসিদ্ধান্ত (Corollaries of Graham's law of diffusion) ঃ

(i) **আয়তন এবং ঘনত্বের সম্পর্ক (Relation between volume and density) ঃ**

আমরা জানি, $r=\frac{V}{t}$ $\quad\therefore\ r_1=\frac{V_1}{t_1}$ এবং $r_2=\frac{V_2}{t_2}$

$$\therefore\ \frac{r_1}{r_2}=\frac{V_1t_2}{V_2t_1}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

যদি স্থির চাপ এবং উষ্ণতায় গ্যাস দুইটি একই সময় ধরিয়া ব্যাপিত হয় তাহা হইলে $t_1=t_2$ ।

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} \quad \text{অর্থাৎ,}\ V\propto\frac{1}{\sqrt{d}}$$

অতএব **সমচাপ এবং তাপমাত্রায় একই সময় ধরিয়া দুইটি গ্যাস ব্যাপিত হইলে উহাদের ব্যাপিত আয়তন উহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।**

(ii) সময় এবং ঘনত্বের সম্পর্ক (Relation between time of diffusion and density) ঃ যদি ব্যাপিত গ্যাস দুইটির আয়তন সমান হয় অর্থাৎ $V_1=V_2$ হয়, তাহা হইলে

স্থির তাপমাত্রা ও চাপে, $\frac{V_1t_2}{V_2t_1}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$ সমীকরণ হইতে পাই,

$$\frac{t_2}{t_1}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} \quad \text{অর্থাৎ}\ t\propto\sqrt{d}$$

অর্থাৎ, সমচাপ এবং তাপমাত্রায় দুইটি সমআয়তন গ্যাসের ব্যাপন সময় উহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের সমানুপাতিক।

(iii) ব্যাপনের হার ও আণবিক ওজনের সম্পর্ক (Relation batween the molecular weight and'rate of diffusion) ঃ

আ্যাভোগেড্রোর প্রকল্প হইতে আমরা জানি,

গ্যাসের আণবিক ওজন M=2D যখন D গ্যাসটির বাষ্পীয়ঘনত্ব। আবার আমরা জানি কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্বকে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব (d_{H_2}) দিয়া গুণ করিলে গ্যাসটির ঘনত্ব পাওয়া যায়। যদি দুইটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে D_1 এবং D_2 হয় তাহা হইলে গ্যাস দুইটির ঘনত্ব হইবে যথাক্রমে $d_1=D_1\times d_{H_2}$ এবং $d_2=D_2\times d_{H_2}$।

$$\therefore\ \frac{d_1}{d_2}=\frac{D_1}{D_2} \qquad \therefore\ \frac{\sqrt{d_1}}{\sqrt{d_2}}=\frac{\sqrt{D_1}}{\sqrt{D_2}}$$

গ্রাহামের সূত্রানুযায়ী $\frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}=\frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}}$

আবার, $D_1=\frac{M_1}{2}$ এবং $D_2=\frac{M_2}{2}$ যখন M_1 এবং M_2 যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় গ্যাসের আণবিক ওজন।

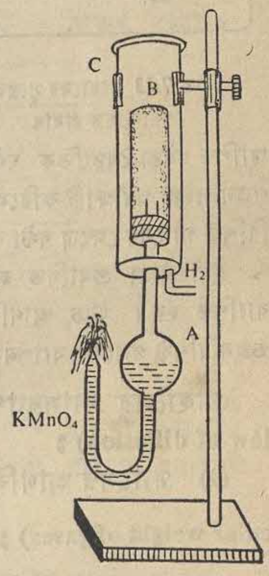
$\therefore \quad \frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$ অথবা, $r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$

সুতরাং স্থির চাপ এবং তাপমাত্রায় দুইটি গ্যাসের ব্যাপনের হার উহাদের আণবিক ওজনের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।

গ্রাহামের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ ঃ

1 নং পরীক্ষা ঃ চিত্রানুযায়ী A একটি বাঁকা কাচনল। বাঁকা কাচনলটির গোলাকার অংশের নিম্নভাগ এবং নিম্নের অংশ পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের রঙিন দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ। নিম্ন অংশের শেষ প্রান্ত ক্রমশ সরু করা আছে। উহার উপরের অংশে একটি সছিদ্র পাত্র B রবার কর্কের সাহায্যে ভালভাবে আটকান থাকে। সছিদ্র পাত্রকে ঘিরিয়া একটি গ্যাসজার C রবার কর্কের সাহায্যে উল্টানভাবে আটকান আছে।

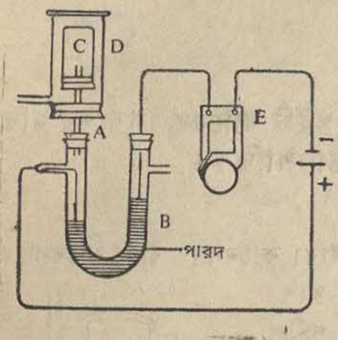
এখন যদি উল্টান জারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে কিছু সময় পরে A নলের নিম্ন অংশের শেষ প্রান্ত হইতে রঙিন জল সজোরে বাহির হইয়া আসিতেছে। ইহা ঘটিল কারণ অপেক্ষাকৃত লঘু হাইড্রোজেন গ্যাসের অণু অধিক পরিমাণে সছিদ্র পাত্র-মধ্যস্থ অপেক্ষাকৃত ভারী বাতাসের মধ্যে প্রবেশ করে। তুলনামূলকভাবে একই সময়ে কম আয়তন বাতাস সছিদ্র পাত্র হইতে বাহির হয়। ইহাতে সছিদ্র পাত্রমধ্যস্থ চাপ বাড়িয়া যায় এবং A নলের নিম্ন প্রান্তের শেষাংশ হইতে রঙিন দ্রবণ সজোরে বাহির হইয়া আসে। ইহাতে প্রমাণিত হইল যে, অপেক্ষাকৃত লঘু গ্যাস একই চাপ এবং তাপমাত্রায় অপেক্ষাকৃত ভারী গ্যাসের তুলনায় দ্রুত ব্যাপিত হয় (চিত্র 7.12)।



চিত্র 7.12 গ্রাহামের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ

2নং পরীক্ষা ঃ চিত্রানুযায়ী A একটি সরু কাচনল। ইহার নিম্নাংশ একটি U-আকৃতি কাচনলের (B) সহিত যুক্ত এবং উপর অংশে একটি সছিদ্র পাত্র C আটকান থাকে। সছিদ্র পাত্রটিকে ঘিরিয়া আর একটি বড় গ্যাসজার (D) রবার কর্কের সাহায্যে উল্টান ভাবে আটকান থাকে। U-আকৃতি নলটি আংশিকভাবে

পারদদ্বারা পূর্ণ। ইহার মধ্যে দুইটি প্লাটিনাম তার এমনভাবে প্রবেশ করান হয় যাহাতে একটি তার পারদস্তম্ভে নিমজ্জিত থাকে। অপর তারটি থাকে পারদস্তম্ভের সামান্য উপরে। প্লাটিনামের তার দুইটিকে তড়িৎকোষের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক ঘন্টার (E) সহিত যুক্ত রাখা হয়।



চিত্র 7.13 গ্রাহামের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ

উল্টান গ্যাসজারের (D) মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবেশ করাইলে কিছু সময় পরে দেখা যাইবে যে, বৈদ্যুতিক ঘন্টাটি বাজিতেছে। ইহার কারণ, হাইড্রোজেন গ্যাস পাত্রমধ্যস্থিত বাতাসের তুলনায় লঘু বলিয়া অধিক পরিমাণে পাত্রটির ভিতরে প্রবেশ করিবে। তুলনামূলক ভাবে অল্প আয়তনের বাতাস বাহিরে আসিবে। ইহার ফলে সছিদ্র পাত্রের অভ্যন্তরে চাপ বাড়িয়া যাইবে এবং পারদস্তম্ভকে ঠেলিয়া দিবে। ফলে পারদস্তম্ভ দ্বিতীয় প্লাটিনাম তারকে স্পর্শ করিবে এবং বৈদ্যুতিক সংযোগ স্থাপিত হইয়া বৈদ্যুতিক ঘন্টাটি বাজিয়া উঠিবে। বিভিন্ন আণবিক ওজনবিশিষ্ট গ্যাস লইয়া পরীক্ষাটি করিলে দেখা যাইবে যে, অপেক্ষাকৃত উচ্চ আণবিক ওজন-বিশিষ্ট গ্যাসের ক্ষেত্রে ঘন্টা বাজিতে অপেক্ষাকৃত বেশি সময় লাগে।

ইহা দ্বারা প্রমাণিত হইল যে, একই আয়তন বিভিন্ন গ্যাস বিভিন্ন সময়ে ব্যাপিত হয়। উচ্চ আণবিক ওজনবিশিষ্ট গ্যাসের ব্যাপনকাল নিম্ন আণবিক ওজনবিশিষ্ট গ্যাসের ব্যাপনকালের তুলনায় বেশি।

গ্রাহামের গ্যাসব্যাপন সূত্রের প্রয়োগ (Application of Graham's law of diffusion) :

(i) গ্যাসের আণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of the molecular weight of gases) : আমরা জানি, $\frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$ যখন r_1, M_1 আণবিক ওজনবিশিষ্ট গ্যাসের ব্যাপনের হার এবং r_2, M_2 আণবিক ওজনবিশিষ্ট গ্যাসের ব্যাপনের হার

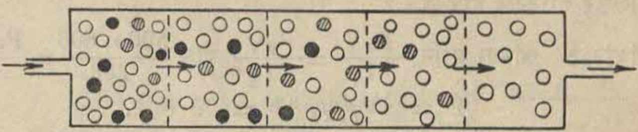
$$\therefore \quad \sqrt{M_2}=\frac{r_1}{r_2}\times\sqrt{M_1} \qquad \text{বা,} \quad M_2=\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 M_1$$

r_1 এবং r_2-এর মান পরীক্ষাদ্বারা নির্ণয় করিয়া এবং M_1-এর মান জানিয়া M_2 নির্ণয় করা যাইবে।

(ii) কয়লার খনিতে দুর্ঘটনা নিবারক যন্ত্রে : উপরে উল্লিখিত গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্রের পরীক্ষায় ব্যবহৃত যন্ত্রের ন্যায় যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। খনিতে মার্স গ্যাস বা মিথেন গ্যাসের পরিমাণ বাড়িয়া যাইলে খনিতে

দুর্ঘটনা ঘটে। তাই মার্স গ্যাসের পরিমাণ বাড়িয়া যাইলে সছিদ্র পাত্রের মধ্যে ব্যাপিত হয় এবং পারদস্তম্ভ ঠেলিয়া বৈদ্যুতিক সংযোগ ঘটায়। ইহার ফলে ঘণ্টা বাজিয়া উঠে। কর্মীরা সতর্ক হইয়া যায়।

(iii) সমস্থানিকের পৃথকীকরণ (Separation of isotopes) : একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট পরমাণুগুলিকে সমস্থানিক বা আইসোটোপ বলা হয়। কোন গ্যাসীয় মৌলের বিভিন্ন ভরসংখ্যা (mass number) বিশিষ্ট সমস্থানিকগুলিকে ব্যাপন পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব। গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র অনুসারে অপেক্ষাকৃত ভারী সমস্থানিকগুলি ধীরে ধীরে ব্যাপিত হইবে। সুতরাং বিভিন্ন সমস্থানিক মিশ্রিত কোন গ্যাসকে সছিদ্র বাধার মধ্য দিয়া ক্রমাগত অতিক্রম করাইলে বহির্গত গ্যাসের প্রথম অংশে লঘু সমস্থানিকের আধিক্য থাকিবে। এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করিলে সমস্থানিকগুলি সম্পূর্ণভাবে পৃথক করা যায়। 7.14 চিত্রে বিভিন্ন ভরসংখ্যা-বিশিষ্ট অক্সিজেন পরমাণুর (O^{16}, O^{17}, O^{18}) পৃথকীকরণ দেখান হইল :



($\circ = O^{16}$, $◍ = O^{17}$, $\bullet = O^{18}$)

চিত্র 7.14

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. 760 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট ওজনের একটি গ্যাসের আয়তন 200 সি.সি.। উষ্ণতা স্থির থাকিলে 100 মিমি. চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

সমাধান : আমরা জানি, $P_1V_1=P_2V_2$

যখন P_1 চাপে গ্যাসটির আয়তন V_1 এবং P_2 চাপে গ্যাসটির আয়তন V_2

$\therefore\ 760\times200=100\times V_2 \qquad V_2=\frac{760\times200}{100}=1520$ সি.সি.

[এই প্রকারের অঙ্ক সমাধান করিবার সময় সমীকরণের উভয় দিকে চাপ এবং আয়তনের একই একক লইতে হইবে।]

উদাহরণ 2. 15°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 100 সি.সি.। চাপ স্থির থাকিলে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 53°C উষ্ণতায় কত হইবে?

সমাধান : 15°C =(15+273)°A বা, 288°A

53°C=(53+273)°A বা, 326°A

চার্লসের সূত্র হইতে পাই, $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2} \qquad \therefore\ \frac{100}{288}=\frac{V_2}{326}$

বা, $V_2=\frac{100\times326}{288}=113{\cdot}2$ সি.সি.

উদাহরণ 3. 380 মিমি. চাপে এবং 27°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের আয়তন 75 সি.সি.। 0°C উষ্ণতায় এবং 760 মিমি. চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

সমাধান ঃ ধরা যাক, নির্ণেয় আয়তন $=V_2$ সি.সি.

$P_1=380$ মিমি., $V_1=75$ সি.সি. এবং $T_1=(27^\circ+273)^\circ A$ বা, $300^\circ A$

$P_2=760$ মিমি., $V_2=?$, $T_2=(0+273)^\circ A=273^\circ A$

আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ বা, $\frac{380\times75}{300}=\frac{760\times V_2}{273}$

$\therefore\ V_2=\frac{380\times75\times273}{760\times300}$ সি.সি. $=34{\cdot}1$ সি. সি.

উদাহরণ 4. 500 মিমি. চাপে এবং 15°C উষ্ণতায় 600 সি.সি. একটি গ্যাসকে চাপ প্রয়োগ করিয়া একটি 500 সি.সি. ফ্লাস্কে আবদ্ধ করা হইল। অতঃপর ফ্লাস্কটির মুখ বদ্ধ করিয়া উহার উষ্ণতা 50°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করা হইল। ফ্লাস্কের ভিতর গ্যাসটির চাপ কত ?

সমাধান ঃ আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ বা, $\frac{500\times600}{288}=\frac{P_2\times500}{323}$

$P_2=\frac{500\times600\times323}{288\times500}=673$ মিমি.

উদাহরণ 5. 15°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাস একটি ফ্লাস্কে বদ্ধ করিয়া রাখা আছে। ফ্লাস্কের অভ্যন্তরের চাপ শতকরা 25 ভাগ বাড়াইতে হইলে ফ্লাস্কটির উষ্ণতা কত করিতে হইবে ?

সমাধান ঃ $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

এই ক্ষেত্রে, $V_1=V_2$ এবং $P_2=1\frac{1}{4}P_1$

$\therefore\ \frac{P_1V_1}{288}=\frac{\frac{5}{4}P_1V_1}{T_2}$ বা, $T_2=288\times\frac{5}{4}=360^\circ A$

$\therefore$ নির্ণেয় উষ্ণতা $(360^\circ-273)^\circ C$ বা, 87°C

উদাহরণ 6. 60°C উষ্ণতা এবং 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 5 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন কত হইবে ?

সমাধান ঃ $PV=nRT=\frac{W}{M}RT$

ধরা যাক, প্রদত্ত অবস্থায় 5 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন W গ্রাম। নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন 28।

$\therefore\ 2\times5=\frac{W}{28}\times{\cdot}082\times333$ $W=\frac{10\times28}{0{\cdot}082\times333}$ গ্রাম $=10{\cdot}25$ গ্রাম

উদাহরণ 7. 380 মিমি. চাপে একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 16। একই উষ্ণতায় কত চাপে গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 32 হইবে ?

সমাধান: আমরা জানি, $\frac{d_1}{d_2}=\frac{P_1}{P_2}$ $\therefore$ $\frac{16}{32}=\frac{380}{P_2}$

$\therefore$ $P_2=\frac{380\times32}{16}$ মিমি.$=760$ মিমি.

উদাহরণ 8. 500 মিমি. চাপে একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 28। সম উষ্ণতায় গ্যাসটির চাপ পরিবর্তিত হইয়া যদি 380 মিমি. হয় তাহা হইলে গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব কত হইবে?

সমাধান: $\frac{d_1}{d_2}=\frac{P_1}{P_2}$ বা, $\frac{28}{d_2}=\frac{500}{380}$

$\therefore$ $d_2=\frac{28\times380}{500}=21{\cdot}3$ $\therefore$ নির্ণেয় বাষ্পীয় ঘনত্ব$=21{\cdot}3$

উদাহরণ 9. 327°C উষ্ণতায় একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 8। কত উষ্ণতায় গ্যাসটির ঘনত্ব দ্বিগুণ হইবে যদি চাপ অপরিবর্তিত থাকে?

সমাধান: আমরা জানি, $\frac{d_1}{d_2}=\frac{T_2}{T_1}$

$T_1=(327+273)°A=600°A$; $d_1=8$

$T_2=?$; $d_2=16$

$\frac{8}{16}=\frac{T_2}{600}$

বা, $T_2=\frac{8\times600}{16}=300°A=(300-273)°C=27°C$

$\therefore$ নির্ণেয় উষ্ণতা$=27°$ C

উদাহরণ 10. 15°C উষ্ণতা এবং 700 মিমি. চাপে একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 32। 303°C উষ্ণতা এবং 350 মিমি. চাপে গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব কত হইবে?

সমাধান: $\frac{P_1}{d_1T_1}=\frac{P_2}{d_2T_2}$ $\left[\because V\propto\frac{1}{d}\right]$

$d_1=32$; $P_1=700$ মিমি. ; $T_1=(15+273)°A=288°A$

$d_2=?$ $P_2=350$ মিমি. ; $T_2=(303+273)°A=576$

$\therefore$ $d_2=\frac{P_2\times T_1\times d_1}{P_1\times T_2}=\frac{350\times288\times32}{700\times576}=8$

$\therefore$ নির্ণেয় বাষ্পীয় ঘনত্ব$=8$

উদাহরণ 11. একটি গ্যাসকে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। দেখা গেল, 15°C উষ্ণতায় এবং 775 মিমি. চাপে উহার আয়তন 450 মিলি.। N. T. P.-তে শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হইবে? (15°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ$=14$ মিমি.)

সমাধান: $P_1=775-14=761$ মিমি.

$V_1=450$ মিলি. ; $T_1=15+273=288°A$

$P_2=760$; $V_2=?$ $T_2=273°A$

$\frac{761\times450}{288}=\frac{760\times V_2}{273}$

$V_2=\frac{761\times450\times273}{288\times760}=427{\cdot}15$ মিলি.

উদাহরণ 12. S. T. P.-তে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি শুষ্ক গ্যাসের আয়তন 58·05 মিলি.। 753 মিমি. চাপে এবং 22°C উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ গ্যাস জলের উপর দিয়া সংগ্রহ করা হইলে উহার আয়তন হয় 65 মিলি.। 22°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ কত?

সমাধান ঃ ধরা যাক, নির্ণেয় জলীয় বাষ্পের চাপ$=x$ মিমি.

$\therefore$ শুষ্ক গ্যাসের চাপ$=(753-x)$ মিমি.

$P_1=753-x$ মিমি.; $V_1=65$; $T_1=(22+273)°A=295°A$

$P_2=760$ মিমি., $V_2=58·05$ মিলি., $T_2=273°A$

$$P_1=\frac{P_2\times V_2\times T_1}{T_2\times V_1}=\frac{760\times 58·05\times 295}{273\times 65}=733·3 \text{ মিমি.}$$

$\therefore$ $753-x=733·3$ বা, $x=19·7$ মিমি.

$\therefore$ নির্ণেয় জলীয় বাষ্পের চাপ$=19·7$ মিমি.

উদাহরণ 13. 127°C উষ্ণতায় এবং 800 মিমি. চাপে 90 গ্রাম একটি গ্যাসের আয়তন 40 লিটার। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত? ($R=0·082$ লিটার অ্যাটমোসফিয়ার/°A/মোল)।

সমাধান ঃ $PV=\frac{g}{M}RT$ [M=গ্যাসটির আণবিক ওজন]

$P=800$ মিমি.$=\frac{800}{760}$ অ্যাটমোসফিয়ার; $V=40$ লিটার; $R=0·082$ লিটার অ্যাটমোসফিয়ার; $T=(127+273)°A=400°A$

$$M=\frac{g\times RT}{PV}=\frac{90\times ·082\times 400\times 760}{800\times 40}=70·1$$

$\therefore$ নির্ণেয় আণবিক ওজন$=70·1$

উদাহরণ 14. S. T. P.-তে নাইট্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব কত হইবে? ($R=0·082$ নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন$=28$)।

সমাধান ঃ $M=28$, $P=1$ অ্যাটমোসফিয়ার, $T=273°A$, $R=0·082$

$$PV=\frac{g}{M}RT$$

$$\text{বা, } P=\frac{g}{V}\cdot\frac{RT}{M}=\frac{dRT}{M} \quad [d=\text{নির্ণেয় ঘনত্ব}]$$

$$d=\frac{MP}{RT}=\frac{28\times 1}{0·082\times 273}=1·25 \text{ গ্রাম/লিটার}$$

উদাহরণ 15. S.T.P.-তে একটি নাইট্রোজেন সিলিণ্ডারে মোট 1·41 লিটার নাইট্রোজেন থাকিতে পারে। এইরকম একটি সিলিণ্ডারে ঘরের উষ্ণতায় 8·306 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নাইট্রোজেন ভরা আছে। ঘরের উষ্ণতা 27°C.। S. T. P.-তে 0·4622 লিটার গ্যাস ধরিতে পারে এমন কতগুলি সিলিণ্ডারে প্রদত্ত বড় সিলিণ্ডারের নাইট্রোজেন গ্যাস ভরা যাইতে পারে?

সমাধান ঃ $P_1=8{\cdot}306$ বায়ুমণ্ডলীর চাপ $P_2=1$ বায়ুমণ্ডলীর চাপ
$V_1=1{\cdot}41$ লিটার $V_2=?$
$T_1=(27+273)°A=300°A$ $T_2=273°A$

$$V_2=\frac{P_1\times V_1\times T_2}{T_1\times P_2}=\frac{8{\cdot}306\times 1{\cdot}41\times 273}{300\times 1}=10{\cdot}66 \text{ লিটার}$$

ছোট সিলিণ্ডারগুলি ভর্তি করার পরও বড় সিলিণ্ডারে 1·41 লিটার নাইট্রোজেন গ্যাস থাকিয়া যাইবে। সুতরাং, ছোট সিলিণ্ডারগুলি ভর্তি করিবার জন্য (10·66 – 1·41) লিটার বা, 9·25 লিটার গ্যাস পাওয়া যাইবে।

$$\therefore \text{ ছোট সিলিণ্ডারের সংখ্যা}=\frac{9{\cdot}25}{0{\cdot}4625}=20$$

উদাহরণ 16. 15 লিটার ধারণক্ষমতা-বিশিষ্ট 5-টি সিলিণ্ডারকে 20 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 27°C উষ্ণতায় পূর্ণ করিতে যে-আয়তন অক্সিজেনের প্রয়োজন হইবে তাহার N. T. P.-তে আয়তন কত ? সিলিণ্ডারের অভ্যন্তরস্থিত গ্যাসের ঘনত্ব কত হইবে ?

সমাধান ঃ $P_1=20$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ; $V_1=15$ লিটার
$T_1=(27+273)°A=300°A$
$P_2=1$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ; $V_2=?$; $T_2=273°A$

$$V_2=\frac{P_1\times V_1\times T_2}{T_1\times P_2}=\frac{20\times 15\times 273}{300\times 1}=273 \text{ লিটার}$$

∴ 5-টি সিলিণ্ডার পূর্ণ করিতে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের মোট আয়তন,
$=273\times 5=1365$ লিটার

আবার আমরা জানি, $P=\frac{dRT}{M}$ বা, $d=\frac{PM}{RT}$

$$=\frac{20\times 32}{{\cdot}082\times 300} \text{ গ্রাম/লিটার}=26 \text{ গ্রাম/লিটার}$$

∴ নির্ণেয় ঘনত্ব 26 গ্রাম/লিটার

উদাহরণ 17. –10°C উষ্ণতায় এবং 2·63 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে একটি গ্যাসের ঘনত্ব 4·2 গ্রাম/লিটার। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত ?

সমাধান ঃ $T=(-10+273)°A=263°A$; $P=2{\cdot}63$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ; $d=4{\cdot}2$ গ্রাম/লিটার

আমরা জানি, $P=\frac{dRT}{M}$ বা, $M=\frac{dRT}{P}=\frac{4{\cdot}2\times 0{\cdot}082\times 263}{2{\cdot}63}=34{\cdot}44$

উদাহরণ 18. 16·03 আণবিক ওজনবিশিষ্ট একটি গ্যাসের 45 গ্রামের আয়তন 27°C উষ্ণতায় এবং 800 মিমি. চাপে 65·6 লিটার। R-এর মান বিভিন্ন এককে নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ $PV = nRT$; $R = \frac{PV}{nT}$

$P = 800/760$ অ্যাটমোসফিয়ার ; $V = 65{\cdot}6$ লিটার ; $n = \frac{g}{M} = \frac{45}{16{\cdot}03}$;

$T = (27+273)^\circ A = 300^\circ A$

$$R = \frac{800 \times 65{\cdot}6 \times 16{\cdot}03}{760 \times 45 \times 300}$$

$= 0{\cdot}082$ লিটার অ্যাটমোসফিয়ার প্রতি ডিগ্রী প্রতি মোল

$= 8{\cdot}32$ জুল প্রতি ডিগ্রী প্রতি মোল

$= 8{\cdot}32 \times 10^7$ আর্গ প্রতি ডিগ্রী প্রতি মোল

$= 2$ ক্যালরি প্রতি ডিগ্রী প্রতি মোল ।

উদাহরণ 19. একটি পাত্রে 500 মিমি. চাপে 400 মিলি. নাইট্রোজেন আছে। অপর একটি পাত্রে 200 মিমি. চাপে 600 মিলি. অক্সিজেন আছে। এই পাত্র দুইটি পরস্পরের সহিত যুক্ত করার ব্যবস্থা আছে। পাত্র দুইটি যুক্ত করিলে অপরিবর্তিত উষ্ণতায় মিশ্রণটির মোট চাপ কত হইবে ?

সমাধান ঃ মিশ্রণের মোট আয়তন $=(400+600)$ মিলি. $=1000$ মিলি.

ধরা যাক, নাইট্রোজেনের অংশ চাপ $= P_{N_2}$

$\therefore \quad 400 \times 500 = P_{N_2} \times 1000$ বা, $P_{N_2} = \frac{400 \times 500}{1000} = 200$ মিমি.

এবং $600 \times 200 = P_{O_2} \times 1000$

$P_{O_2} = \frac{600 \times 200}{1000} = 120$ মিমি.

ডালটনের অংশ চাপ সূত্রানুসারে,

মোট চাপ $P = P_{N_2} + P_{O_2} = (200+120)$ মিমি. $= 320$ মিমি.

উদাহরণ 20 150 মিলি. ধারণক্ষমতা বিশিষ্ট একটি পাত্রে 750 মিমি. চাপে A গ্যাসের 400 মিলি., 600 মিমি. চাপে B গ্যাসের 200 মিলি. এবং 300 মিমি. চাপে C গ্যাসের 150 মিলি. মিশ্রিত করা হইল। স্থির উষ্ণতায় গ্যাস মিশ্রণটির মোট চাপ কত হইবে ?

সমাধান ঃ মিশ্রণের মোট আয়তন $=150$ মিলি.

(i) P_A, A গ্যাসের অংশ চাপ হইলে $P_A \times 150 = 750 \times 400$

বা, $P_A = \frac{750 \times 400}{150} = 2000$ মিমি.

(ii) P_B, B গ্যাসের অংশ চাপ হইলে

$P_B \times 150 = 600 \times 200$; $P_B = \frac{600 \times 200}{150} = 800$ মিমি.

(iii) P_C, C গ্যাসের অংশ চাপ হইলে

$P_C \times 150 = 300 \times 150$; $P_C = 350$ মিমি.

ডালটনের অংশ চাপ সূত্রানুসারে

মোট চাপ $P = P_A + P_B + P_C = (2000+800+300)$ মিমি. $= 3100$ মিমি.

উদাহরণ 21. হাসপাতালে একটি রোগীর অক্সিজেন গ্রহণের ক্ষমতা পরীক্ষা করিবার সময় দেখা গেল নিঃশ্বাসের সময় 764·4 মিমি. চাপে এবং 17°C উষ্ণতায় সে 20·1 লিটার বাতাস ত্যাগ করে। পরিত্যক্ত বাতাসটি জলের উপর সংগ্রহ করা হইয়াছিল। প্রশ্বাসের সময় গৃহীত বায়ুতে অক্সিজেনের আয়তনগত পরিমাণ ছিল 20·3% এবং নিঃশ্বাসের সময় পরিত্যক্ত বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ দেখা গেল 16·8%। রোগীটির অক্সিজেন ব্যবহারের হার S. T. P.-তে কত? 17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14·4 মিমি.। (শ্বাস-প্রশ্বাসের মোট সময় 2·5 মিনিট)

সমাধান ঃ ধরা যাক, পরিত্যক্ত বায়ুর S. T. P.-তে আয়তন V_2 লিটার

$P_1 = 764{\cdot}4 - 14{\cdot}4 = 750$ মিমি. ; $V_1 = 20{\cdot}1$ লিটার ; $T_1 = 17 + 273 = 290°A$; $P_2 = 760$ মিমি. ; $V_2 = ?$; $T_2 = 273°A$

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1 \times T_2}{T_1 \times P_2} = \frac{750 \times 20{\cdot}1 \times 273}{290 \times 760} \text{ লিটার} = 18{\cdot}67 \text{ লিটার}$$

S. T. P.-তে গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন $= 0{\cdot}2030 \times 18{\cdot}67$ লিটার

,, পরিত্যক্ত ,, ,, $= 0{\cdot}1680 \times 18{\cdot}67$,,

$\therefore$ ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ $= (0{\cdot}2030 - 0{\cdot}1680) \times 18{\cdot}67$,,

মোট সময় $= 2{\cdot}5$ মিনিট

$\therefore$ অক্সিজেনে ব্যবহারের হার $= \frac{0{\cdot}0350 \times 18{\cdot}67}{2{\cdot}5} = 0{\cdot}2614$ লিটার/মিনিট

উদাহরণ 22. 25°C উষ্ণতায় এবং 600 মিমি. চাপে 5·6 গ্রাম নাইট্রোজেনের আয়তন কত হইবে? নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন 28।

সমাধান ঃ আমরা জানি, $PV = nRT$ $\therefore$ $V = \frac{nRT}{P}$

এখন, $n = \frac{5{\cdot}6}{28}$, $R = 0{\cdot}082$

$T = (25 + 273)°A = 298°A$, $P = \frac{600}{760}$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

$$\therefore\ V = \frac{5{\cdot}6 \times {\cdot}082 \times 298 \times 760}{28 \times 600} = 6{\cdot}20 \text{ লিটার}$$

উদাহরণ 23. সূর্যের কেন্দ্রে অবস্থিত গ্যাসীয় পদার্থগুলির মোট চাপ $1{\cdot}12 \times 10^9$ অ্যাটমোসফিয়ার এবং গ্যাসগুলির গড় ঘনত্ব 1·3 গ্রাম/মিলি. এবং গড় আণবিক ওজন 2·00 হয় তাহা হইলে সূর্যের উষ্ণতা কত? [I. I. T. 1966]

সমাধান ঃ $d = 1{\cdot}3$ গ্রাম/মিলি. $= 1300$ গ্রাম/লিটার

$$PV = nRT = \frac{W}{M} \cdot RT \quad \text{বা,} \quad P = \frac{W}{V} \cdot \frac{RT}{M} = \frac{dRT}{M}$$

$$\therefore\ T = \frac{P \times M}{R \times d} = \frac{1{\cdot}12 \times 10^9 \times 2}{0{\cdot}082 \times 1300} = (2{\cdot}1 \times 10^7)°A$$

উদাহরণ 24. 0°C উষ্ণতায় 2 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 14 গ্রাম নাইট্রোজেন 5·6 লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি সিলিণ্ডারে আবদ্ধ করা হইল। সিলিণ্ডারের অভ্যন্তরের চাপ অ্যাটমোসফিয়ার এককে কত হইবে?

সমাধান : $V=5{\cdot}6$ লিটার ; $R=0{\cdot}082$ লিটার অ্যাটমোসফিয়ার ; $T=273^\circ A$

হাইড্রোজেনের মোল সংখ্যা $=\frac{2}{2}=1$

নাইট্রোজেনের „ „ $=\frac{14}{28}=\frac{1}{2}$

$\therefore$ মোট মোল সংখ্যা $n=1+\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$

$$P=\frac{nRT}{V}=\frac{3\times0{\cdot}082\times273}{2\times5{\cdot}6}$$ অ্যাটমোসফিয়ার $=6$ অ্যাটমোসফিয়ার

উদাহরণ 25. C_6H_6 গ্যাসীয় অবস্থায় হাইড্রোজেনের সঙ্গে Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণ অনুসারে সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_6(g)+3H_2(g) \rightarrow C_6H_{12}(g)$$

60 মিমি. চাপে C_6H_6 এবং অতিরিক্ত H_2-এর একটি অজানা আয়তন Ni-এর উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করিল। বিক্রিয়াশেষে দেখা গেল সমস্ত C_6H_6 সাইক্লোহেক্সেনে পরিণত হইয়াছে এবং সম-উষ্ণতায় অবশিষ্ট H_2-এর চাপ 30 মিমি. ; প্রাথমিক মিশ্রণের কত মোল ভগ্নাংশ C_6H_6 ছিল ? [I. I. T. 1967]

সমাধান : ধরা যাক, প্রাথমিক মিশ্রণে C_6H_6-এর মোল সংখ্যা n_1 এবং H_2-এর মোল সংখ্যা n_2

$\therefore$ মোট মোল সংখ্যা $=n_1+n_2$

সমীকরণ হইতে জানা যায়,

1 মোল C_6H_6 + 3 মোল $H_2 \rightarrow$ 1 মোল সাইক্লোহেক্সেন

$\therefore$ n_1 „ „ $+3n_1$ „ „ n_1 মোল সাইক্লোহেক্সেন

$\therefore$ বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট হাইড্রোজেনের মোল সংখ্যা $=n_2-3n_1$

এবং উৎপন্ন সাইক্লোহেক্সেনের মোল সংখ্যা $=n_1$

$\therefore$ বিক্রিয়াশেষে মোট মোল সংখ্যা $=n_2-3n_1+n_1 \quad =n_2-2n_1$

প্রশ্নানুসারে, $60=\frac{(n_1+n_2)RT}{V} \cdots(1)$ [V = বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন]

$$30=\frac{(n_2-2n_1)RT}{V} \cdots(2)$$

(1) সমীকরণকে (2) সমীকরণ দিয়া ভাগ করিয়া

$$2=\frac{n_1+n_2}{n_2-2n_1} \quad \text{বা,} \quad n_2=5n_1$$

প্রাথমিক মিশ্রণে C_6H_6-এর মোল ভগ্নাংশ (mole fraction)

$$=\frac{n_1}{n_2+n_1}=\frac{n_1}{n_1+5n_1}=\frac{1}{6}$$

উদাহরণ 26. 27°C উষ্ণতা এবং 15 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অ্যামোনিয়াকে একটি বদ্ধ পাত্রে 347°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। এই অবস্থায় অ্যামোনিয়া নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে আংশিক ভাবে বিয়োজিত হইয়া যায়

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2+3H_2$$

বিক্রিয়া পাত্রটি এমন যে, ইহার আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না কিন্তু ইহার অভ্যন্তরের চাপ বৃদ্ধি পাইয়া 50 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হয়। অ্যামোনিয়ার শতকরা কত পরিমাণ বিয়োজিত হইয়াছে নির্ণয় কর। [I. I. T. 1970]

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$ বা, $\frac{P_1}{620}=\frac{15}{300}$

$P_1=\frac{15\times620}{300}=31$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = বিয়োজিত হইবার পূর্বে NH_3-এর চাপ

ধরা যাক, 1 মোল NH_3-এর α ভগ্নাংশ বিয়োজিত হইয়াছে

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2+3H_2$$
$$1-\alpha \quad \frac{\alpha}{2} \quad \frac{3\alpha}{2}$$

$\therefore$ বিয়োজনের পর মোট মোল সংখ্যা $=1-\alpha+\frac{\alpha}{2}+\frac{3\alpha}{2}=1+\alpha$

$\therefore$ আমরা জানি, গ্যাসের চাপ উহাদের মোল সংখ্যার সহিত সমানুপাতিক

$$\therefore \frac{1}{1+\alpha}=\frac{31}{50} \quad \text{বা,} \quad \alpha=0{\cdot}613$$

$\therefore$ বিয়োজনের শতকরা পরিমাণ $=61{\cdot}3\%$

উদাহরণ 27. দুইটি গ্যাস A এবং B-এর ব্যাপনের হারের অনুপাত 1·052 : 1। A-এর সাপেক্ষে B-এর ঘনত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$ বা, $\frac{1{\cdot}054}{1}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$

বা, $\frac{d_2}{d_1}=\left(\frac{1{\cdot}054}{1}\right)^2=1{\cdot}107$ = A-এর সাপেক্ষে B-এর ঘনত্ব।

উদাহরণ 28. একই রকম দুইটি সছিদ্র পাত্রে 5°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পূর্ণ করা আছে। এক ঘন্টা পরে দেখা গেল, 880 মিলি. হাইড্রোজেন ব্যাপিত হইয়াছে। একই সময়ে কত আয়তন অক্সিজেন ব্যাপিত হইয়াছে?

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{V_1}{V_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$

বা, $\frac{880}{x}=\sqrt{\frac{16}{1}}$ [x=ব্যাপিত অক্সিজেনের আয়তন মিলিলিটারে]

বা, $4x=880$ $\therefore x=220$ মিলি.

উদাহরণ 29. একটি সছিদ্র পাত্রে সমপরিমাণ অক্সিজেন এবং অজ্ঞাত আণবিক ওজনবিশিষ্ট আর একটি গ্যাস আবদ্ধ করা আছে। অজ্ঞাত গ্যাসটির তুলনায় অক্সিজেনের ব্যাপনের হার 1·77 গুণ বেশি হইলে অজ্ঞাত গ্যাসটির আণবিক ওজন কত?

সমাধান : $r_1=1{\cdot}77$, $M_1=32$, $r_2=1$, $M_2=$?

$$\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \text{বা,} \quad \frac{1{\cdot}77}{1}=\sqrt{\frac{M_2}{32}}$$

বা, $M_2=32\times1{\cdot}77\times1{\cdot}77=100{\cdot}2$

∴ অজ্ঞাত গ্যাসটির নির্ণেয় আণবিক ওজন $=100{\cdot}2$

উদাহরণ 30. একটি সছিদ্র পর্দা দিয়া ব্যাপিত হইতে 300 মিলি. অক্সিজেনের 50 সেকেণ্ড লাগে। 750 মিলি. ক্লোরিনের ঐ পর্দার মধ্য দিয়া ব্যাপিত হইতে কত সময় লাগিবে? ধর ক্লোরিনের আণবিক ওজন 72 এবং অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32।

সমাধান : $V_1=750$ মিলি., $t_1=?$, $d_1=36$

$V_2=300$ মিলি., $t_2=50$ সেকেণ্ড, $d_2=16$

$$\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \text{ বা, } \frac{V_1/t_1}{V_2/t_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

$$\text{বা, } \frac{V_1t_2}{V_2t_1}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \text{ বা, } \frac{750\times50}{300\times t_1}=\sqrt{\frac{16}{36}}=\frac{4}{6}$$

$$\text{বা, } t_1=\frac{750\times50\times6}{300\times4}=187{\cdot}5 \text{ সেকেণ্ড}$$

উদাহরণ 31. একটি ছোট ছিদ্র দিয়া 200 মিলি. মিথেনের ব্যাপিত হইতে সময় লাগে 16 সেকেণ্ড। সম-অবস্থায় 1500 মিলি. সালফার ডাই-অক্সাইড ঐ ছিদ্র দিয়া কত সময়ে ব্যাপিত হইবে?

সমাধান : $$\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \text{ বা, } \frac{V_1t_2}{V_2t_1}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

$V_1=200$ মিলি., $t_1=16$ সেকেণ্ড, $M_1=16$

$V_2=1500$ মিলি., $t_2=?$, $M_2=64$

$$\frac{200\times t_2}{1500\times16}=\sqrt{\frac{64}{16}}=\frac{8}{4}=2$$

$$\text{বা, } t_2=\frac{2\times1500\times16}{200}=240 \text{ সেকেণ্ড}$$

উদাহরণ 32. 75 সেকেণ্ডে 25 মিলি. CO_2 ব্যাপিত হইলে একই অবস্থায় এবং ঐ সময়ে কত আয়তন অক্সিজেন ব্যাপিত হইবে?

সমাধান : $V_1=25$ মিলি., $t_1=75$ সেকেণ্ড, $d_1=22$

$V_2=?$, $t_2=75$ সেকেণ্ড, $d_2=16$

$$\text{বা, } \frac{V_1t_2}{V_2t_1}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \text{ বা, } \frac{25\times75}{V_2\times75}=\sqrt{\frac{16}{22}}$$

$$\text{বা, } V_2=\frac{25\times\sqrt{22}}{4}=29{\cdot}32$$

∴ নির্ণেয় আয়তন $=29{\cdot}32$ মিলি.

উদাহরণ 33. একটি বাড়িতে রক্ষিত একটি রন্ধন করার গ্যাস সিলিণ্ডার সর্বাধিক 14·9 অ্যাটমোসফিয়ার চাপ সহ্য করিতে পারে। 27°C উষ্ণতায় সিলিণ্ডারটির চাপ-মাপক যন্ত্র হইতে জানা গেল যে, উহার অভ্যন্তরস্থিত চাপ 12

অ্যাটমোসফিয়ার। বাড়িটিতে হঠাৎ আগুন লাগায় সিলিণ্ডারটির উষ্ণতা বাড়িতে লাগিল। কত উষ্ণতায় সিলিণ্ডারটি ফাটিয়া যাইবে? [I. I. T. 1975]

সমাধান: ∵ ণ্ডারটির আভ্যন্তরীণ চাপ 14·9 অ্যাটমোসফিয়ার অতিক্রম করিলে সিলিণ্ডারটি ফাটিয়া যাইবে। ধরা যাক, নির্ণেয় উষ্ণতা T_2°A

$P_1 = 12$ অ্যাটমোসফিয়ার $\qquad P_2 = 14{\cdot}9$ অ্যাটমোসফিয়ার

$T_1 = (27+273)°A \qquad T_2 = ?$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

বা, $T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1} = \frac{14{\cdot}9 \times 300}{12} = 372{\cdot}5°A = 99{\cdot}5°C$

∴ 99·5°C উষ্ণতায় সিলিণ্ডারটি ফাটিয়া যাইবে।

উদাহরণ 34. একটি বায়ুশূন্য পাত্রে 25°C উষ্ণতায় A গ্যাসের 2 গ্রাম প্রবেশ করাইয়া দেখা গেল, পাত্রটির অভ্যন্তরে চাপ 1 অ্যাটমোসফিয়ার। সম-উষ্ণতায় এবং চাপে অপর একটি গ্যাস B-এর 3 গ্রাম ঐ পাত্রে প্রবেশ করানোর পর অন্তিম চাপ হইল 1·5 অ্যাটমোসফিয়ার। গ্যাস দুইটি আদর্শ গ্যাসের ন্যায় ব্যবহার করিলে A এবং B-এর আণবিক ওজনের অনুপাত কি হইবে? [I. I. T. '77, '83]

সমাধান: ধরা যাক, A এর B-এর আণবিক ওজন যথাক্রমে M_A এবং M_B

A গ্যাসের মোল সংখ্যা $= \frac{2}{M_A}$ এবং B গ্যাসের মোল সংখ্যা $= \frac{3}{M_B}$

আমরা জানি, গ্যাসের চাপ মোল সংখ্যার সহিত সমানুপাতিক

$$\therefore \frac{1}{1{\cdot}5} = \frac{2/M_A}{2/M_A + 3/M_B} = \frac{2}{M_A} \times \frac{M_A\, M_B}{2M_B + 3M_A}$$

বা, $\frac{M_A}{3} = \frac{M_A \cdot M_B}{2M_B + 3M_A}$

$3M_A M_B = 2M_A M_B + 3M_A{}^2$

বা, $M_A M_B = 3M_A{}^2$

$M_B = 3M_A \qquad \therefore\ M_A : M_B = 1 : 3$

উদাহরণ 35. একটি বাল্ব আর একটি বাল্বের সহিত স্টপ কক্ দ্বারা যুক্ত। একটি বাল্বে 1·12 লিটার H_2 এবং 1·12 লিটার D_2 N. T. P.-তে ভর্তি করা আছে। অপর বাল্বটি বায়ুশূন্য। কিছুক্ষণের জন্য স্টপ কক্‌টি খুলিয়া আবার বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। দেখা গেল, প্রথম বাল্বটিতে 0·05 গ্রাম H_2 আছে। দ্বিতীয় বাল্বটিতে গ্যাস মিশ্রণটির ওজনগত সংযুতি নির্ণয় কর। [I. I. T. 1976]

সমাধান: ব্যাপনের পর প্রথম বাল্বে অবশিষ্ট H_2-এর N. T. P.-তে আয়তন $= \frac{22{\cdot}4 \times 0{\cdot}05}{2} = 0{\cdot}56$ লিটার।

∴ ব্যাপিত H_2-এর আয়তন $= (1{\cdot}12 - 0{\cdot}56)$ লিটার $= 0{\cdot}56$ লিটার

যদি N. T. P.-তে V_2 আয়তনের D_2 ব্যাপিত হয় তাহা হইলে,

$$\frac{V_1}{V_2}=\sqrt{\frac{M_{D_2}}{M_{H_2}}} \quad \text{বা,} \quad \frac{0\cdot56}{V_2}=\sqrt{\frac{4}{2}}\ ;\ V_2=0\cdot396 \text{ লিটার}$$

দ্বিতীয় বাল্বে N. T. P.-তে H_2-এর আয়তন $=0\cdot56$ লিটার $=0\cdot05$ গ্রাম

" " " D_2 " $=0\cdot396$ লিটার

$$=\frac{4\times0\cdot396}{22\cdot4} \text{ গ্রাম}=0\cdot07 \text{ গ্রাম}$$

∴ দ্বিতীয় বাল্বে হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $=\frac{0\cdot05\times100}{0\cdot12}=41\cdot67$

এবং " D_2 " " $=(100-41\cdot67)=58\cdot33$

উদাহরণ 36. 27°C উষ্ণতায় আছে এমন একটি খোলা পাত্রকে উত্তপ্ত করার ফলে উহার অভ্যন্তরস্থিত বাতাসের $\frac{3}{5}$ অংশ অপসারিত হইল। পাত্রটির আয়তন অপরিবর্তিত থাকিলে কত উষ্ণতায় পাত্রটিকে উত্তপ্ত করা হইয়াছিল ? [I. I. T. '77]

সমাধান : $T_1=(27+273)°A=300°A\ ;\ T_2=?$

ধরা যাক, প্রথমে বাতাসের মোল সংখ্যা ছিল n

∴ উত্তপ্ত করার পর মোল সংখ্যা দাঁড়াল $=n-\frac{3}{5}n=\frac{2n}{5}$

যেহেতু পাত্রটি খোলা সুতরাং চাপ অপরিবর্তিত থাকিবে,

$$PV=n_1RT_1=n_2RT_2$$

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{n_2}{n_1} \quad \text{বা,} \quad \frac{300}{T_2}=\frac{\frac{2}{5}n}{n}=\frac{2}{5}$$

$$T_2=\frac{300\times5}{2}=750°A \quad \text{বা,}\ 750°K$$

[চরম তাপমাত্রাকে অনেক সময় কেলভিন তাপমাত্রা বলা হয়। T°A-কে T°K হিসাবে প্রকাশ করা হয়।]

উদাহরণ 37. কিছু পরিমাণ গন্ধক পোড়াইয়া 0°C তাপমাত্রায় এবং 76 সেমি. চাপে 224 সি.সি. সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া গেল। এই গ্যাস 27°C তাপমাত্রা এবং 758 মিমি. চাপে কত লিটার স্থান অধিকার করিবে ? [Tripura, 1982]

সমাধান : ধরা যাক, নির্ণেয় আয়তন $=V_2$ লিটার

$P_1=76$ সেমি., $V_1=0\cdot224$ লিটার, $T_1=273°A$

$P_2=75\cdot8$ সেমি., $V_2=?$, $T_2=(27+273)°A=300°A$

$$\frac{0\cdot224\times76}{273}=\frac{75\cdot8\times V_2}{300}$$

$$\therefore\ V_2=\frac{0\cdot224\times76\times300}{273\times75\cdot8} \text{ লিটার}=0\cdot247 \text{ লিটার}$$

উদাহরণ 38. 27°C উষ্ণতা এবং 760 মিমি. চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 300 সি.সি.। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

[Tripura, 1984]

সমাধান : ধরা যাক, নির্ণেয় আয়তন $=V_2$ সি.সি.

$P_1=760$ মিমি., $V_1=300$ সি.সি., $T_1=(27+273)°A=300°A$

$P_2=760$ মিমি., $V_2=?$ $T_2=273°A$

$$\frac{300\times760}{300}=\frac{760\times V_2}{273} \quad \therefore V_2=273 \text{ সি.সি.}$$

উদাহরণ 39. 25°C উষ্ণতা এবং 760 মিমি. চাপে সংগৃহীত 100 সি.সি. অক্সিজেন ও 100 সি.সি. নাইট্রোজেনকে 100 সি.সি. আয়তনের একটি পাত্রে মিশানো হইল। তাপমাত্রা 25°C-এ যদি রাখা যায় তবে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ কত? [H. S. 1980]

সমাধান : ধরা যাক, অক্সিজেনের অংশচাপ $=P_1$

এবং নাইট্রোজেনের " $=P_2$

প্রশ্নানুসারে, $P_1\times100=760\times100 \quad \therefore P_1=760$ মিমি.

$P_2\times100=760\times100 \quad \therefore P_2=760$ মিমি.

$\therefore$ গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ $=760+760=1520$ মিমি.

উদাহরণ 40. 2 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 8 গ্রাম অক্সিজেনের একটি মিশ্রণ 27°C তাপমাত্রায় 20·0 লিটার আয়তনের একটি পাত্রে রক্ষিত আছে। পাত্রটির অভ্যন্তরে মোট চাপ কত? [H. S. 1982]

সমাধান : 2 গ্রাম হাইড্রোজেন $=\frac{2}{2}$ মোল বা 1 মোল হাইড্রোজেন

8 গ্রাম অক্সিজেন $=\frac{8}{32}$ মোল বা $\frac{1}{4}$ মোল অক্সিজেন

মোট মোল সংখ্যা $=(1+\frac{1}{4})=\frac{5}{4}$

ধরা যাক, নির্ণেয় চাপ $=P \quad \therefore P\times20=\frac{5}{4}\times{\cdot}082\times300$

$P=\frac{5}{4}\times0{\cdot}082\times300\times\frac{1}{20}$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $=1{\cdot}54$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ।

উদাহরণ 41. সমান ওজনের দুইটি গ্যাস A ও B একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুইটি পৃথক পাত্রে রক্ষিত আছে; A ও B-এর আণবিক গুরুত্বের অনুপাত 2 : 3 হইলে পাত্র দুইটির আয়তনের অনুপাত কি হইবে? [H. S. 1982]

সমাধান : ধরা যাক, A-এর আণবিক ওজন $=2M$

$\therefore$ B-এর আণবিক ওজন $=3M$, প্রদত্ত ওজন w গ্রাম; A গ্যাসপূর্ণ পাত্রের আয়তন V_A এবং B গ্যাসপূর্ণ পাত্রের আয়তন V_B

$$\therefore P\times V_A=\frac{w}{2M}RT \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\text{এবং, } P\times V_B=\frac{w}{3M}RT \quad \cdots\cdots(2)$$

1-নং সমীকরণকে 2-নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করিয়া

$$\frac{V_A}{V_B}=\frac{w\times RT}{2M}\times\frac{3M}{wRT}=\frac{3}{2} \quad \therefore V_A : V_B=3 : 2$$

উদাহরণ 42. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের গ্রাম প্রতি আয়তন 280 মিলি. হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব কত ? [H. S. 1982]

সমাধান : N. T. P.-তে 280 মিলি. গ্যাসের ওজন $=1$ গ্রাম

$\therefore$ 22400 ,, ,, ,, $=\frac{1\times 22400}{280}$ গ্রাম

$=80$ গ্রাম

$\therefore$ গ্যাসটির আণবিক ওজন $=80$

উদাহরণ 43. 27°C উষ্ণতা এবং 570 মিমি. চাপে 2·2 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন নির্ণয় কর। [H. S. 1983]

সমাধান : N. T. P.-তে 2·2 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন

$$=\frac{22\cdot4\times 2\cdot2}{44} \text{ লিটার}=1\cdot12 \text{ লিটার}$$

ধরা যাক, নির্ণেয় আয়তন $=V$ লিটার

$$\therefore \frac{V\times 570}{300}=\frac{1\cdot12\times 760}{273}$$

$$\therefore V=\frac{1\cdot12\times 760\times 300}{273\times 570} \text{ লিটার}=1\cdot64 \text{ লিটার}$$

উদাহরণ 44. স্থির চাপে 0°C হইতে 82°C উষ্ণতা পরিবর্তনে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 1·3 লিটার হইল। উপরি-উক্ত ফলাফল হইতে পরম শূন্যের মান (সেন্টিগ্রেড মাত্রায়) নির্ণয় কর। [H. S. 1985]

সমাধান : 0°C উষ্ণতায় আয়তন $=1000$ মিলি.

82°C উষ্ণতায় আয়তন $=1300$ মিলি.

$\therefore$ প্রতি 1°C উষ্ণতায় এবং প্রতি একক আয়তনে আয়তনের পরিবর্তন (আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক) $\alpha=\frac{1300-1000}{1000\times 82}=0\cdot003658$

চার্লসের সূত্র হইতে আমরা জানি, $V_t=V_o(1+\alpha t)$

যখন $V_t=t$°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন

$V_o=0$°C ,, একই ,, ,, ,,

এবং, $\alpha=$আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক

পরমশূন্য উষ্ণতায় যে-কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হইবে অর্থাৎ $V_t=0$

$$\therefore V_o(1+0\cdot003658t)=0 \quad V_o\neq 0$$

$$\therefore 1+0\cdot003658t=0 \text{ বা, } 0\cdot003658t=-1$$

$$\therefore t=-\frac{1}{0\cdot003658}=-273\cdot4 \quad \therefore \text{ পরম শূন্যের মান}=-273\cdot4°C$$

উদহরণ 45. 760 মিমি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে শতকরা 80 ভাগ নাইট্রোজেন এবং 20 ভাগ অক্সিজেন আছে। প্রত্যেকটি গ্যাসের আংশিক চাপ কত ? [J. E. 1985]

সমাধান : (a) যদি মিশ্রণটিতে আয়তনগতভাবে 80% নাইট্রোজেন এবং

20% অক্সিজেন থাকে তাহা হইলে সমচাপ ও তাপমাত্রায় উহাদের আয়তনের অনুপাত = উহাদের মোল সংখ্যার অনুপাত হইবে।

∴ নাইট্রোজেনের মোল ভগ্নাংশ $=\frac{80}{100}=\frac{4}{5}$

সুতরাং ,, অংশচাপ $=760\times\frac{4}{5}$ মিমি. $=608$ মিমি.

এবং অক্সিজেনের মোল ভগ্নাংশ $=\frac{20}{100}=\frac{1}{5}$

সুতরাং ,, অংশচাপ $=760\times\frac{1}{5}$ মিমি. $=152$ মিমি.

(b) যদি মিশ্রণটিতে ওজনগত ভাবে 80% নাইট্রোজেন এবং 20% অক্সিজেন থাকে তাহা হইলে

নাইট্রোজেনের মোল ভগ্নাংশ $=\dfrac{\frac{80}{28}}{\frac{80}{28}+\frac{20}{32}}=\dfrac{2\cdot86}{2\cdot86+0\cdot625}=\dfrac{2\cdot86}{3\cdot485}=0\cdot82$

অক্সিজেনের মোল ভগ্নাংশ $=\dfrac{\frac{20}{32}}{\frac{80}{28}+\frac{20}{32}}=\dfrac{0\cdot625}{3\cdot485}=0\cdot18$

∴ নাইট্রোজেনের অংশচাপ $=0\cdot82\times760$ মিমি. $\doteq623\cdot2$ মিমি.

এবং অক্সিজেনের অংশচাপ $=136\cdot8$ মিমি.

উদাহরণ 46. একটি সোজা কাচনলের উন্মুক্ত দুই প্রান্ত X এবং Y। কাচনলটির দৈর্ঘ্য 200 সেমি.। X প্রান্ত দিয়া HCl এবং Y প্রান্ত দিয়া NH_3 গ্যাস যুগপৎভাবে নলটির মধ্যে পরিচালিত করা হইল। নলটির মধ্যস্থিত একটি বিন্দু P-তে প্রথম সাদা ধোঁয়া দেখা গেল। X হইতে P-এর দূরত্ব কত? [I. I. T. 1980]

সমাধান: গ্যাস দুইটি উহাদের ব্যাপনের হারের অনুপাতে নলটির দূরত্ব অতিক্রম করিয়া P বিন্দুতে মিলিত হইবে। ধরা যাক, HCl গ্যাসের ব্যাপনের হার r_{HCl} এবং NH_3 গ্যাসের ব্যাপনের হার r_{NH_3}। গ্রাহামের সূত্র অনুসারে

$$\frac{r_{HCl}}{r_{NH_3}}=\sqrt{\frac{M_{NH_3}}{M_{HCl}}}$$ [M_{NH_3} এবং M_{HCl} যথাক্রমে NH_3 এবং HCl-এর আণবিক ওজন]

বা, $r_{HCl}:r_{NH_3}=\sqrt{\dfrac{17}{36\cdot5}}=\dfrac{4\cdot123}{6\cdot04}=4\cdot123:6\cdot04$

∴ X বিন্দু হইতে P বিন্দুর দূরত্ব,

$=200\times\dfrac{4\cdot123}{4\cdot123+6\cdot04}$ সেমি. $=81\cdot14$ সেমি.

উদাহরণ 47. একটি বাল্ব অক্সিজেন পূর্ণ আছে। বাল্বটিতে একটি ফুটো হওয়ায় গ্যাস বহির্গত হওয়ার ফলে উহার আভ্যন্তরীণ চাপ 47 মিনিটে 2000 মিমি. হইতে 1500 মিমি. হইল। অতঃপর বাল্বটিকে বায়ুশূন্য করিয়া অক্সিজেন এবং 79 আণবিক ওজনবিশিষ্ট একটি গ্যাস 1 : 1 মোলার অনুপাতে 4000 মিমি. চাপে সিলিণ্ডারটিতে আবদ্ধ করা হইল। ঠিক 74 মিনিট পরে বাল্বটির অভ্যন্তরে গ্যাস দুইটির মোলার অনুপাত কত হইবে? [I. I. T. 1981]

সমাধান : আমরা জানি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তন কোন গ্যাসের চাপ উহার মোল সংখ্যার সহিত সমানুপাতিক।

ধরা যাক, 2000 মিমি. চাপে অক্সিজেন গ্যাসের মোল সংখ্যা n

$\therefore$ 47 মিনিট পরে বাল্বে উপস্থিত অক্সিজেনের মোল সংখ্যা $=\frac{1500n}{2000}=\frac{3}{4}n$

সুতরাং, 47 মিনিটে ব্যাপিত অক্সিজেনের মোল সংখ্যা $(n-\frac{1}{4}n)=\frac{1}{4}n$

$\therefore$ 2000 মিমি. চাপে অক্সিজেনের ব্যাপনের হার $=\frac{n}{4\times 47}$ মোল/মিনিট

$=0{\cdot}005319n$ মোল/মিনিট

আবার ধরা যাক, 2000 মিমি. চাপে অজ্ঞাত গ্যাসটির ব্যাপনের হার, r মোল/মিনিট

$$\therefore \quad \frac{0{\cdot}005319n}{r}=\sqrt{\frac{79}{32}}=1{\cdot}571$$

$$\therefore \quad r=\frac{0{\cdot}005319n}{1{\cdot}571} \text{ মোল/মিনিট} = 0{\cdot}003386\, n \text{ মোল/মিনিট}$$

অক্সিজেন এবং অজ্ঞাত গ্যাসটি 4000 মিমি. চাপে 1 : 1 মোলার অনুপাতে আবদ্ধ করা হইয়াছিল। অতএব গ্যাস দুইটির অংশচাপ 2000 মিমি.।

সুতরাং অক্সিজেনের মোল সংখ্যা n ($\because$ n মোল অক্সিজেনের চাপ 2000 মিমি.)

এবং অজ্ঞাত গ্যাসটির মোল সংখ্যাও n ($\because$ উহাদের গ্রাম আণবিক অনুপাত 1 : 1)

74 মিনিটে ব্যাপিত অক্সিজেনের পরিমাণ $=0{\cdot}005319\, n\times 74$ মোল

$=0{\cdot}3936\, n$ মোল

এবং ব্যাপিত অজ্ঞাত গ্যাসের পরিমাণ $0{\cdot}003386\, n\times 74$ মোল

$=0{\cdot}2506\, n$ মোল

74 মিনিট পরে বাল্বে অবশিষ্ট অক্সিজেনের মোল সংখ্যা

$=n(1-0{\cdot}3936)=0{\cdot}61\, n$

এবং অবশিষ্ট অজ্ঞাত গ্যাসের মোল সংখ্যা $=n(1-0{\cdot}2506)$ মোল $=0{\cdot}7494\, n$

$\therefore$ বাল্বে অবশিষ্ট অক্সিজেনের মোল সংখ্যা : অজ্ঞাত গ্যাসের মোল সংখ্যা

$=0{\cdot}61 : 0{\cdot}7494=1 : 1{\cdot}23$

উদাহরণ 48. এক মিটার দীর্ঘ একটি কাচনলের বিপরীত দিক হইতে সাধারণ তাপমাত্রায় সমান আকারের ছিদ্র দিয়া এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে NH_3 এবং P বায়ুমণ্ডলীয় চাপে HCl গ্যাস প্রবেশ করিতে দেওয়া হইল। কাচনলটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল সর্বত্র সমান। যে-প্রান্ত দিয়া HCl গ্যাস প্রবেশ করে সেই প্রান্ত হইতে 60 সেমি. দূরে NH_4Cl প্রথম উৎপন্ন হইলে P-এর মান কত? [I. I. T. 1982]

সমাধান : ধরা যাক, এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে NH_3 গ্যাসের ব্যাপনের হার r_1 এবং HCl গ্যাসের ব্যাপনের হার r_2।

$$\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{36{\cdot}5}{17}}=1{\cdot}465\cdots\cdots(1)$$

P বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং সাধারণ তাপমাত্রায় HCl-এর ব্যাপনের হার$=\frac{60\times a}{t}$

($a=$কাচনলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং $t=$HCl-এর 60 সেমি. দূরত্ব অতিক্রম করার সময়)

এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে NH_3-এর ব্যাপনের হার$=\frac{40\times a}{t}=r_1$

গ্যাসীয় গতিতত্ত্ব হইতে প্রমাণ করা যায় যে, কোন গ্যাসের ব্যাপনের হার উহার চাপের বর্গমূলের সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়। HCl-এর ব্যাপনের হার এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে r_2

$$\therefore \quad \frac{r_2}{\frac{60\times a}{t}}=\frac{1}{\sqrt{P}} \quad \text{বা,} \quad r_2=\frac{60\times a}{t\times\sqrt{P}}$$

1 নং সমীকরণ হইতে,

$$\frac{\frac{40\times 9}{t}}{\frac{60\times 9}{t\times\sqrt{P}}}=\sqrt{\frac{36\cdot5}{17}}=1\cdot465 \quad \text{বা,} \quad \tfrac{2}{3}\sqrt{P}=1\cdot465$$

$$\sqrt{P}=1\cdot465\times\tfrac{3}{2} \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}=2\cdot2$$

$$\therefore \quad P=4\cdot84 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}$$

উদাহরণ 49. $7\cdot6\times10^{-10}$ মিমি. চাপে এক লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি ফ্লাস্কের মধ্যে অক্সিজেন গ্যাস পূর্ণ করা আছে। ফ্লাস্কটির উষ্ণতা 0°C হইলে উহার মধ্যে অক্সিজেন অণুর সংখ্যা কত? [I. I. T. 1983]

সমাধান: আমরা জানি, $PV=nRT$

$$\therefore \quad n=\frac{PV}{RT} \quad [\, n=\text{অক্সিজেনের মোল সংখ্যা}\,]$$

$$=\frac{\frac{7\cdot6}{760}\times10^{-10}\times1}{0\cdot082\times273}=\frac{10^{-12}}{0\cdot082\times273}$$

$$=4\cdot5\times10^{-14}$$

$$\therefore \quad \text{অক্সিজেনে অণুর নির্ণেয় সংখ্যা}=4\cdot5\times10^{-14}\times6\cdot023\times10^{23}$$

$$=27\cdot1\times10^{9}=2\cdot71\times10^{10}$$

উদাহরণ 50. 25°C উষ্ণতায় একটি বায়ুশূন্য পাত্রে সম ওজনের মিথেন এবং হাইড্রোজেন আবদ্ধ করা হইল। হাইড্রোজেনের অংশচাপ মোট চাপের কত অংশ? [I. I. T. 1984]

সমাধান: ধরা যাক, পাত্রটির আয়তন V লিটার এবং গ্যাস দুইটির ওজন w গ্রাম। মিথেনের অংশচাপ$=\frac{w}{16}\times RT\times\frac{1}{V}$ এবং হাইড্রোজেনের অংশচাপ $=\frac{w}{2}\times RT\times\frac{1}{V}$

$\therefore$ মোট চাপ $=\frac{wRT}{V}\left(\frac{1}{16}+\frac{1}{2}\right)=\frac{9wRT}{16V}$

$\therefore$ হাইড্রোজেনের অংশচাপ, মোট চাপের $\left(\frac{wRT}{2V}\times\frac{16V}{9wRT}\right)$ অংশ

বা $\frac{8}{9}$ অংশ

উদাহরণ 51. 1 লিটার আভ্যন্তরীণ আয়তনবিশিষ্ট একটি ডেসিকেটরে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস আবদ্ধ করা আছে। অতঃপর সমতাপ মাত্রায় ডেসিকেটর হইতে কিছু পরিমাণ গ্যাস বহির্গত করিয়া ডেসিকেটরটি বন্ধ করিবার পর দেখা গেল, উহার আভ্যন্তরীণ চাপ 7·6 মিমি.। এই অবস্থায় অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন কত? [I. I. T. 1976]

সমাধান ঃ ডেসিকেটরটির আভ্যন্তরীণ আয়তন 1 লিটার। সুতরাং 7·6 মিমি. চাপে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইবে।

উদাহরণ 52. 450°C উষ্ণতায় এবং 723 মিমি. চাপে 3·2 গ্রাম সালফারকে বাষ্পীভূত করিলে আয়তন হয় 780 মিলি.। এই অবস্থায় সালফারের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1968]

সমাধান ঃ ধরা যাক, N. T. P.-তে প্রদত্ত সালফার বাষ্পের আয়তন V মিলি.

$\therefore \frac{V\times760}{273}=\frac{723\times780}{723}$ $\therefore V=\frac{780\times273}{760}$ মিলি. $=280$ মিলি.

N. T. P.-তে 280 মিলি. সালফার বাষ্পের ওজন $=3·2$ গ্রাম

$\therefore$ „ 22400 „ „ „ „ $=\frac{3·2\times22400}{280}$ গ্রাম

$=256$ গ্রাম

$\therefore$ সালফার বাষ্পের আণবিক ওজন $=256$

ধরা যাক, সালফার বাষ্পের আণবিক সঙ্কেত S_n

প্রশ্নানুসারে, $32n=256$ $\therefore n=8$

সুতরাং সালফার বাষ্পের আণবিক সঙ্কেত S_8

উদাহরণ 53. 273°C উষ্ণতা এবং 1520 মিমি. চাপে নাইট্রোজেনের একটি বর্ণহীন অক্সাইডের 0·44 গ্রামের আয়তন 224 মিলি.। যৌগটি সনাক্ত কর। যৌগটির একটি অণুর ওজন কত? [I. I. T. 1971]

সমাধান ঃ ধরা যাক, যৌগটির আণবিক ওজন M

$PV=\frac{g}{M}RT$ বা, $\frac{1520}{760}\times0·224=\frac{0·44}{M}\times0·082\times546$

$\therefore M=\frac{0·44\times0·082\times546\times760}{1520\times0·224}=44$

N_2O, NO, N_2O_3, NO_2, N_2O_5 প্রভৃতি বিভিন্ন অক্সাইডের মধ্যে N_2O-এর আণবিক ওজন 44

$\therefore$ যৌগটি N_2O অর্থাৎ নাইট্রাস অক্সাইড

$\therefore$ যৌগটির একটি অণুর ওজন $=\frac{44}{6.023\times10^{23}}$ গ্রাম

$=7.26\times10^{-23}$ গ্রাম

উদাহরণ 54. 2·46 অ্যাটমোসফিয়ার চাপে 2 মোল একটি গ্যাসের আয়তন 5 লিটার হইলে উহার উষ্ণতা কত? [I. I. T. 1974]

সমাধান : $PV=nRT$ বা, $T=\frac{PV}{nR}=\frac{2.46\times5}{2\times0.082}=75°A$

উদাহরণ 55. 27°C উষ্ণতা এবং 740 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 0·418 লিটার। (i) S. T. P.-তে গ্যাসটির আয়তন কত? (ii) ঐ গ্যাসটির ওজন 3 গ্রাম হইলে উহার আণবিক ওজন কত? (iii) গ্যাসটির ওজন 7·5 গ্রাম হইলে, একই পাত্রে থাকিলে এবং উষ্ণতা 280°K হইলে উহার চাপ কত হইবে? [I. I. T. 1973]

সমাধান : (i) ধরা যাক, S. T. P-তে আয়তন V লিটার

$$\therefore \frac{740\times0.418}{300}=\frac{V\times760}{273}$$

$$\therefore V=\frac{740\times0.418\times273}{300\times760}=0.3704 \text{ লিটার}$$

(ii) S. T. P.-তে 0·3704 লিটারের ওজন 3 গ্রাম

$\therefore$ „ 22·4 „ „ $\frac{3\times22.4}{0.3704}$ গ্রাম $=181.4$

$\therefore$ গ্যাসটির আণবিক ওজন $=181.4$

(iii) ধরা যাক, নির্ণেয় চাপ $=P$, $PV=\frac{g}{M}\times RT$

$$P\times0.418=\frac{7.5}{181.4}\times0.082\times280$$

$$P=\frac{7.5\times0.082\times280}{181.4\times0.418}=2.27 \text{ অ্যাটমোসফিয়ার}$$

$\therefore$ নির্ণেয় চাপ $=2.27$ অ্যাটমোসফিয়ার

উদাহরণ 56. 303°K উষ্ণতায় এবং 10^{-3} মিমি. চাপে 2 লিটার ধারণ-ক্ষমতাসম্পন্ন একটি পাত্রে সম-আণবিক অনুপাতে (equimolecular proportion) নাইট্রোজেন এবং জলীয় বাষ্প আবদ্ধ করা আছে। (i) পাত্রটিতে নাইট্রোজেন এবং জলীয় বাষ্পের মোল সংখ্যা নির্ণয় কর। (ii) গ্যাস মিশ্রণটির মোট ভর কত? (iii) মিশ্রণটিকে −50°C উষ্ণতায় শীতল করিলে মিশ্রণটিতে অবশিষ্ট গ্যাসের ভর কত হইবে? [I. I. T. 1972]

সমাধান : (i) আমরা জানি, $PV=nRT$

বা, $\frac{10^{-3}}{760}\times 2=n\times 0{\cdot}082\times 303$

$\therefore\ n=\frac{10^{-3}\times 2}{760\times 0{\cdot}082\times 303}=1{\cdot}058\times 10^{-7}$ মোল

$\therefore$ নাইট্রোজেনের মোল সংখ্যা $=\frac{1{\cdot}058\times 10^{-7}}{2}=0{\cdot}529\times 10^{-7}$

এবং জলীয় বাষ্পের মোল সংখ্যা $=0{\cdot}529\times 10^{-7}$

(ii) গ্যাস মিশ্রণটির মোট ভর

$=(0{\cdot}529\times 10^{-7}\times 28+0{\cdot}529\times 10^{-7}\times 18)$ গ্রাম

$=10^{-7}(14{\cdot}81+9{\cdot}52)$ গ্রাম $\quad =24{\cdot}33\times 10^{-7}$ গ্রাম

(iii) $-50°C$ উষ্ণতায় পাত্রে কেবল নাইট্রোজেন গ্যাস হিসাবে থাকিবে। সুতরাং $-50°C$ উষ্ণতায় অবশিষ্ট গ্যাসের ভর $=14{\cdot}81\times 10^{-7}$ গ্রাম।

সার-সংক্ষেপ

কঠিন পদার্থের গঠনকারী অণুর মধ্যে আকর্ষণ বল সর্বাপেক্ষা বেশি এবং গ্যাসের ক্ষেত্রে গঠনকারী অণুর মধ্যে আকর্ষণ বল সর্বাপেক্ষা কম। অরলের ক্ষেত্রে গঠনকারী অণুর মধ্যে আকর্ষণ বল কঠিনের আন্তরাণবিক আকর্ষণ বল অপেক্ষা কম কিন্তু গ্যাসের আন্তরাণবিক আকর্ষণ বল অপেক্ষা বেশি।

বয়েলের সূত্র ঃ স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন উহার চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। $V\propto \frac{1}{P}$

স্থির উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্ক : $\frac{P_1}{P_2}=\frac{D_1}{D_2}$

চার্লসের সূত্র ঃ স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি অথবা হ্রাস করিলে উহার আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য গ্যাসটির 0°C উষ্ণতায় যে-আয়তন হয় সেই আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। যে-তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তনের অবলুপ্তি ঘটে, তাপমাত্রার পরম স্কেল অনুসারে তাহার মান 0° পরম তাপমাত্রা বা, 0°A বা, 0°K। $t°C=(t+273)°A$ বা, $(t+273)°K$

পরম উষ্ণতার আলোকে চার্লসের সূত্র ঃ স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়। $V\propto T$

স্থির চাপে পরম তাপমাত্রা ও গ্যাসের ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক ঃ স্থির চাপে যে-কোন গ্যাসের ঘনত্ব উহার পরম তাপমাত্রার সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয় $D\propto \frac{1}{T}$

স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের চাপ উহার পরম তাপমাত্রার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়, $P \propto T$।

গ্যাসীয় অবস্থায় সংযুক্ত সমীকরণ $PV=RT$, $R=$গ্রাম আণবিক গ্যাস ধ্রুবক।

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সহিত অ্যাভোগেড্রো সূত্রের সংযুক্তি-করণ $PV=nRT$।

আদর্শ গ্যাস : যে-সকল গ্যাস $PV=nRT$ সমীকরণটি অনুসরণ করে তাহাকে আদর্শ গ্যাস বলে। সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় প্রকৃতিতে অবস্থানকারী গ্যাসগুলিকে বাস্তব গ্যাস বলা হয়। সকল বাস্তব গ্যাস উচ্চ তাপমাত্রায় বা নিম্ন চাপে আদর্শ গ্যাসের ন্যায় ব্যবহার করে।

R-এর মান : (i) $R=0{\cdot}082$ লিটার অ্যাটমোসফিয়ার/ডিগ্রী চরম তাপমাত্রা/গ্রাম-অণু, (ii) $8{\cdot}313\times10^{7}$ আর্গ/ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা/গ্রাম-অণু, (iii) $R=1{\cdot}98$ ক্যালোরি/ডিগ্রী পরম তাপমাত্রা/গ্রাম-অণু।

N. T. P. : 0°C উষ্ণতা এবং এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপকে N. T. P. বা S. T. P. বলা হয়।

রাসায়নিকভাবে ক্রিয়াশীল নহে এমন একাধিক গ্যাসের মিশ্রণকে কোন পাত্রে আবদ্ধ করিলে মিশ্রণটি যে-চাপ দেয় সেই একাধিক গ্যাসের মোট চাপে প্রত্যেকটি উপাদানে গ্যাসের অবদান আছে। মোট চাপে এক একটি গ্যাসের নিজস্ব অবদান হইল উহাদের আংশিক চাপ। গ্যাস মিশ্রণের যে-কোন একটিকে ব্যবহৃত পাত্রের মধ্যে আবদ্ধ করিলে যে-চাপ সৃষ্টি হইবে তাহাই উহার আংশিক চাপ।

ডালটনের অংশচাপ সূত্র : রাসায়নিক ভাবে ক্রিয়াশীল নহে এমন কতকগুলি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণের মোট চাপ মিশ্রিত গ্যাসগুলির অংশচাপগুলির যোগফলের সমান $P=p_A+p_B+\cdots\cdots$

মোল ফ্রাক্সন এবং আংশিক চাপ : যদি একটি মিশ্রণে A গ্যাসের n_A গ্রাম-অণু এবং B গ্যাসের n_B গ্রাম-অণু আবদ্ধ করা থাকে তাহা হইলে A গ্যাসের অংশচাপ $p_A=\dfrac{n_A}{n_A+n_B}.P$

B গ্যাসের অংশচাপ $p_B=\dfrac{n_B}{n_A+n_B}P$, ($P=$মোট চাপ)

গ্যাসের ব্যাপন : রাসায়নিক ভাবে ক্রিয়াহীন দুই বা ততোধিক গ্যাস যখন পরস্পর সংস্পর্শে আসে তখন তাহারা পরস্পরের সহিত মিশিয়া গিয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ সৃষ্টি করে। মিশ্রিত হইবার সময় গ্যাস-অণুগুলি অভিকর্ষের প্রভাবকেও উপেক্ষা করে। উহাকে বলা হয় গ্যাসের ব্যাপন।

গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র : স্থির চাপ ও তাপমাত্রায় রাসায়নিক ভাবে ক্রিয়াহীন বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপনের হার উহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। $\dfrac{r_1}{r_2}=\sqrt{\dfrac{d_2}{d_1}}$

গ্রাহামের সূত্রের উপসিদ্ধান্ত:

(a) **আয়তন ও ঘনত্বের সম্পর্ক:** সমচাপ ও তাপমাত্রায় একই সময় ধরিয়া দুইটি গ্যাস ব্যাপিত হইলে উহাদের ব্যাপিত আয়তন উহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক, $V \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$

(b) সমচাপ ও তাপমাত্রায় দুইটি সম-আয়তন গ্যাসের ব্যাপন-সময় উহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের সমানুপাতিক $t \propto \sqrt{d}$

(c) **ব্যাপনের হার ও আণবিক ওজনের সম্পর্ক:** স্থির চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসের ব্যাপনের হার উহাদের আণবিক ওজনের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$$

ব্যাপন সূত্রের প্রয়োগ: (i) গ্যাসের আণবিক ওজন নির্ণয়, (ii) কয়লা খনিতে দুর্ঘটনা নিবারক যন্ত্রে, (iii) সমস্থানিকের পৃথকীকরণে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. পদার্থের তিনটি অবস্থায় থাকার কারণ ব্যাখ্যা কর।

2. গ্যাসের উপর চাপের প্রভাব-সংক্রান্ত সূত্রটি বিবৃত কর এবং উহার পরীক্ষাগত প্রমাণ দাও।

3. চাপের সঙ্গে গ্যাসের আয়তনের এবং চাপের সঙ্গে গ্যাসের ঘনত্বের গাণিতিক সম্পর্কটি নির্ণয় কর।

4. বয়েলের সূত্রটি বিবৃত কর। চার্লসের সূত্র কি? [Tripura, 1980, 1982, 1983] পরম শূন্য এবং পরম উষ্ণতা বলিতে কি বুঝ? তাপমাত্রার পরম স্কেলের সঙ্গে সেন্টিগ্রেড স্কেলের সম্পর্ক নির্ধারণ কর। নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে সেন্টিগ্রেড স্কেলে উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে উহার আয়তনের পরিবর্তন কিভাবে হয় একটি লেখচিত্রের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। [Tripura 1983] এই রেখাচিত্রের মধ্যে চরম উষ্ণতা নির্দেশ কর। [H. S. 1984]

5. পরম উষ্ণতার আলোকে চার্লসের সূত্রের পরিবর্তিত রূপটি কি? চার্লসের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ লিপিবদ্ধ কর। PV=RT এই সমীকরণকে আণব গ্যাস সমীকরণ বলা হয় কেন? [H. S. 1984]

6. স্থির চাপে পরম তাপমাত্রা এবং গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক কি? স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপের সঙ্গে পরম তাপমাত্রার সম্পর্কের সমীকরণটি কি হইবে?

7. গ্যাসীয় অবস্থার সংযুক্ত সমীকরণটি কি? প্রমাণ কর,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}=\frac{P_3V_3}{T_3}......\frac{P_nV_n}{T_n}$$

যখন P_1, P_2 ইত্যাদি চাপে এবং T_1, T_2 ইত্যাদি উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন V_1, V_2 ইত্যাদি।

8. প্রমাণ কর, $PV=nRT$ যখন n=কোন গ্যাসের মোল সংখ্যা, P চাপে এবং T উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন V; R=সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক [H. S. '79, Tripura 1980, 1982, 1984, 1985] মোলার গ্যাস নিত্যসংখ্যা কি? [Tripura 1980]

9. আদর্শ গ্যাস এবং বাস্তব গ্যাসের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর। কি শর্তে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় ব্যবহার করে? $PV=RT$ এবং $PV=nRT$ —এই দুইটি সমীকরণের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। [H. S. 1980]

10. সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক R-এর মান বিভিন্ন এককে নির্ণয় কর। [H. S. 1979, '83, '84, J. E. 1980] প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রা (N. T. P. বা S. T. P.) কাহাকে বলে? R-কে সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক বলা হয় কেন? [J. E. 1980]

11. গ্যাসের আংশিক চাপ বা অংশপ্রেষ বলিতে কি বুঝা যায়? [H. S. 1980, '82] আংশিক চাপ-সংক্রান্ত ডালটনের সূত্রটি বিবৃত কর। [H. S. 1980, '82, Tripura 1981, '83, J. E. 1982] এই সূত্রটি গাণিতিক উপায়ে কিভাবে প্রমাণ করিবে?

12. মোল ফ্রাকসন বা মোল ভগ্নাংশ বলিতে কি বুঝ? আংশিক চাপের সহিত মোল ফ্রাকসনের সম্পর্ক নির্ণয় কর। বাস্তবক্ষেত্রে অংশচাপ সূত্রের একটি প্রয়োগ দেখাও।

13. গ্যাসের ব্যাপন বলিতে কি বুঝ? একটি পরীক্ষার দ্বারা গ্যাসের ব্যাপন বুঝাইয়া দাও। আমাদের প্রাত্যহিক জীবনে গ্যাসের ব্যাপনের কয়েকটি ঘটনা পরিলক্ষিত হয়। দুই একটি ঘটনা বিবৃত কর।

14. ব্যাপনের হার বলিতে কি বুঝা যায়? গ্যাসের ব্যাপন-সংক্রান্ত গ্রাহামের সূত্রটি ব্যাখ্যাসহ বিবৃত কর। [H. S. 1981, '84] গ্রাহামের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ দাও।

15. গ্যাস যে-কৌশলে ব্যাপিত হয় তাহা বুঝাইয়া দাও। গ্রাহামের সূত্রের উপসিদ্ধান্তগুলি একটি একটি করিয়া আলোচনা কর।

14. আমাদের প্রাত্যহিক জীবনে গ্যাসব্যাপন সূত্রের প্রয়োগ লইয়া আলোচনা কর।

17. কোন গ্যাসের n গ্রাম-অণু, 1 গ্রাম-অণু এবং g গ্রামের অবস্থা সমীকরণগুলি কি হইবে। স্থির উষ্ণতায় $PV-P$, $P-V$ লেখর প্রকৃতি কি হইবে? [J.E. '80]

18. টীকা লিখ: (1) গ্যাস ধ্রুবক R [H. S. 1981], (ii) গ্যাসের ব্যাপন [H. S. 1981]।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. সাধারণ উষ্ণতায় 24 মিলি. বায়ু একটি সিলিণ্ডারের মধ্যে ওজনহীন এবং ঘর্ষণজনিত বাধাহীন একটি পিস্টনের সাহায্যে আবদ্ধ করা হইল। নিম্নলিখিত অবস্থায় আবদ্ধ বায়ুর আয়তন কত হইবে?

(i) যদি চাপ দ্বিগুণ করা হয়, (ii) যদি চাপ তিন গুণ করা হয়, (iii) যদি চাপ অর্ধেক করা হয়, (iv) যদি চাপ প্রাথমিক চাপের এক-চতুর্থাংশ করা হয়।

2. একটি ফ্লাস্কের মধ্যে −73°C উষ্ণতায় 60 মিলি. বায়ু অবরুদ্ধ করা আছে। চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে নিম্নলিখিত তাপমাত্রায় উহার আয়তন কত হইবে?

(i) 27°C, (ii) 77°C, (iii) 227°C, (iv) 1000°K।

3. −23°C এবং 800 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন 120 মিলি.। নিম্নলিখিত অবস্থায় গ্যাসটির আয়তন কত হইবে? (i) 227°C উষ্ণতা 400 মিমি. চাপে, (ii) 227°C উষ্ণতা এবং 600 মিমি. চাপে, (iii) 102°C উষ্ণতা এবং 1200 মিমি. চাপে।

4 600 মিমি. চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেন এবং 500 মিমি. চাপে 1 লিটার নাইট্রোজেন যথাক্রমে 1 লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন এবং 2 লিটার ধারণক্ষমতা-সম্পন্ন ফ্লাস্কে আবদ্ধ করা হইলে গ্যাসমিশ্রণটির চাপ কত হইবে?

5. স্থির চাপে একটি গ্যাসের 100 মিলিলিটারকে উত্তপ্ত করিয়া উহার আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। গ্যাসটির উষ্ণতা কত?

6. কোন্‌টি ঠিক বল:

(a) একটি বেলুন অ্যাসিটিলিন গ্যাসদ্বারা পূর্ণ করা আছে। বেলুনটিতে হঠাৎ একটি ফুটো সৃষ্টি হওয়ায় বেলুনটিকে তাড়াতাড়ি সমচাপে হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ পাত্রের মধ্যে প্রবেশ করান হইল। ইহার ফলে (i) বেলুনটি সঙ্কুচিত হইয়া যাইবে, (ii) বেলুনটির আয়তনের প্রসারণ ঘটিবে, (iii) C_2H_2 H_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিবে, (iv) কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।

(b) S. T. P.-তে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 1 লিটার। 273°C এবং 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে উহার আয়তন হইবে (i) 1 লিটার, (ii) $\frac{1}{2}$ লিটার, (iii) 2 লিটার, (iv) 4 লিটার।

(c) একটি গ্যাসের ক্ষেত্রে চার্লসের সূত্র নিম্নলিখিত রাশিগুলির সঙ্গে সম্পর্ক স্থাপন করে। (i) চাপ এবং আয়তন, (ii) চাপ এবং উষ্ণতা, (iii) ভর এবং আয়তন, (iv) আয়তন এবং উষ্ণতা।

(d) 27°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসকে চাপপ্রয়োগে উহার প্রাথমিক আয়তনের অর্ধেক করা হইল। এইবার গ্যাসটিকে উত্তপ্ত করিয়া উহার উষ্ণতা কত করিলে উহার আয়তন প্রাথমিক আয়তনের সমান হইবে।

(i) 54°C, (ii) 327°C, (iii) 600°C, (iv) 327°A

(e) 25°C উষ্ণতা এবং 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 2 লিটার। চাপ দ্বিগুণ এবং উহার পরম উষ্ণতা অর্ধেক করিলে গ্যাসটির আয়তন হইবে (i) 2 লিটার, (ii), 4·0 লিটার, (iii) 0·5 লিটার, (iv) 10 লিটার।

(f) একটি গ্যাস X-এর তুলনায় হাইড্রোজেনের ব্যাপনের হার 5 গুণ। X-এর আণবিক ওজন (i) 10, (ii) 25, (iii) 50, (iv) 100।

(g) SO_2 পূর্ণ একটি গ্যাসজারের খোলা মুখ Cl_2 পূর্ণ একটি গ্যাসজারের খোলা মুখের সহিত আটকান হইল। নিম্নলিখিত ঘটনাগুলির মধ্যে কোন্‌টি ঘটিবে ?

(i) গ্যাস দুইটি মিশ্রিত হইবে না, (ii) কিছু পরিমাণ Cl_2, SO_2-এর দিকে প্রবাহিত হইবে কিন্তু বিপরীত ঘটনা ঘটিবে না, (iii) কিছু পরিমাণ SO_2, Cl_2-এর দিকে প্রবাহিত হইবে কিন্তু বিপরীত ঘটনা ঘটিবে না, (iv) দুইটি গ্যাসই পরস্পরের দিকে ধাবিত হইবে।

(h) সম উষ্ণতা ও চাপে দুইটি বেলুন যথাক্রমে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ করা হইল। অক্সিজেন যদি ঘন্টায় 65 মিলি. বেগে বহির্গত হয় তাহা হইলে হাইড্রোজেনের বহির্গত হইবার হার (i) 64 মিলি./ঘন্টা, (ii) 66 মিলি./ঘন্টা (iii) 4 মিলি./ঘন্টা, (iv) 260 মিলি/ঘন্টা।

(i) 87°C উষ্ণতা এবং 750 মিমি. চাপে, HF, HCl, HBr, HI-এর প্রত্যেকটির 5 গ্রাম করিয়া লওয়া হইল। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টির আয়তন সর্বাপেক্ষা কম ? (i) HF, (ii) HCl, (iii) HBr, (iv) HI.

(j) P_1 এবং P_2 অংশচাপ-বিশিষ্ট দুইটি গ্যাসের মোট চাপ (i) $\frac{P_1+P_2}{2}$ (ii) $\sqrt{P_1P_2}$, (iii) P_1+P_2, (iv) $\frac{2P_1P_2}{P_1+P_2}$।

(k) একটি বেলুনের মধ্যস্থিত হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 5 গ্রাম। সম-উষ্ণতা ও চাপে বেলুনটি অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিলে উহার ওজন হইবে (i) 17 গ্রাম, (ii) 42·5 গ্রাম, (iii) 85 গ্রাম, (iv) 22 গ্রাম।

(l) সম-উষ্ণতা ও চাপে দুইটি বেলুন যথাক্রমে SO_2 এবং CO_2 দ্বারা পূর্ণ। সছিদ্র পর্দার সাহায্যে বেলুন দুইটির সংযোগ সাধন করিলে অল্প সময় পরে (i) SO_2 পূর্ণ বেলুনটি প্রসারিত হইবে, (ii) CO_2 পূর্ণ বেলুনটি প্রসারিত হইবে, (iii) কোনও পরিবর্তন হইবে না, (iv) উভয় বেলুন প্রসারিত হইবে।

(m) H_2 এবং Cl_2 গ্যাসের ব্যাপনের হারের অনুপাত 6 : 1। হাইড্রোজেন সাপেক্ষে Cl_2 গ্যাসের ঘনত্ব হইবে (i) 172, (ii) 36, (iii) 18, (iv) 6।

(n) যে উষ্ণতায় এবং চাপে 100 মিলি. N_2O ব্যাপিত হয় সেই উষ্ণতা ও চাপে কত আয়তন CO_2 ব্যাপিত হইবে?

(i) 100 মিলি., (ii) 50 মিলি., (iii) 150 মিলি., (iv) 200 মিলি.।

(o) নিম্নলিখিত গ্যাসগুলির মধ্যে কোন্‌টির ব্যাপনের হার সর্বাপেক্ষা বেশি:

(i) N_2, (ii) CO_2, (iii) NH_3, (iv) O_2।

(p) নির্দিষ্ট চাপে 100°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 100 মিলি.। চাপ স্থির থাকিলে কত উষ্ণতায় গ্যাসটির আয়তন 200 মিলি. হইবে?

(i) 200°C, (ii) 473°C, (iii) 446°C, (iv) 50°C।

(q) 2·46 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে একটি গ্যাসের 2 মোলের আয়তন 5 লিটার। গ্যাসটির উষ্ণতা কত? (R=0·082) [I. I. T. 1974]

7. A এবং B দুইটি গ্যাসের ব্যাপনের হারের অনুপাত 4 : 1। A-এর আণবিক ওজন 4 হইলে B-এর আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

8. একটি গ্যাস A এবং SO_2-এর ব্যাপনের হারের অনুপাত 4 : 3। SO_2-এর বাষ্পঘনত্ব 32। A-এর আণবিক ওজন কত?

9. একটি গ্যাসের (বাষ্পঘনত্ব=18) 20 মিলি. একটি সছিদ্র পর্দার মধ্য দিয়া ব্যাপিত হইতে 3 মিনিট সময় লাগে। ঐ একই পর্দা অতিক্রম করিতে 28 মিলি SO_2-এর কত সময় লাগিবে?

10. 25°C উষ্ণতায় সমপরিমাণ CH_4 এবং H_2 একটি বায়ুশূন্য পাত্রে আবদ্ধ করা হইল। হাইড্রোজেনের আংশিক চাপ মোট চাপের (i) $\frac{1}{2}$, (ii) $\frac{8}{9}$, (iii) $\frac{1}{9}$, (iv) $\frac{16}{17}$ অংশ। কোন্‌টি সঠিক উত্তর? [I. I. T. 1984]

11. গ্যাসের ব্যাপনের হার (i) উহার ঘনত্বের সমানুপাতিক, (ii) উহার আণবিক ওজনের সমানুপাতিক, (iii) উহার আণবিক ওজনের বর্গমূলের সমানুপাতিক, (iv) উহার আণবিক ওজনের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক—কোন্‌টি সঠিক উত্তর? [I. I. T. 1985]

12. 25°C উষ্ণতায় সম-ওজনের মিথেন এবং অক্সিজেন একটি বায়ুশূন্য পাত্রে আবদ্ধ করা হইল। অক্সিজেনের অংশচাপ মোট চাপের (i) $\frac{1}{3}$, (ii) $\frac{1}{2}$, (iii) $\frac{2}{3}$, (iv) $\frac{1}{3}\times\frac{273}{298}$—কোন্‌টি সঠিক? [I. I. T. 1981]

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 20°C উষ্ণতায় একটি সিলিণ্ডারে 600 মিলি. বাতাস ভর্তি করা আছে। 40°C উষ্ণতায় ঐ বাতাসের আয়তন কত হইবে? চাপ স্থির আছে।

(উঃ। 641 মিলি.)

2. 740 মিমি. চাপে 2·45 লিটার অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। 765 মিমি. চাপে ঐ পরিমাণ অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে? (উঃ। 2·37 লিঃ)

3. পিস্টনযুক্ত একটি পাত্রে 758 মিমি. চাপে 550 মিলি. হিলিয়াম গ্যাস আছে। এই গ্যাসের উপর চাপ প্রাথমিক চাপের $1\frac{1}{2}$ গুণ করা হইল এবং উষ্ণতা স্থির রাখা হইল। এখন আয়তন কত হইবে? (উঃ। 367 মিলি.)

4. 20°C উষ্ণতায় 253 মিলি. গ্যাসকে উত্তপ্ত করিয়া তাপমাত্রা 100°C করা হইল। চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে গ্যাসটির চূড়ান্ত আয়তন কত হইবে? (উঃ। 322 মিলি.)

5. একটি পাত্রে 7°C উষ্ণতায় 400 মিলি. বাতাস পূর্ণ আছে। পাত্রটির উষ্ণতা 27°-তে বৃদ্ধি করা হইলে কত আয়তন বাতাস অপসারিত হইবে? (উঃ। 428·7 মিলি.)

6. 27°C উষ্ণতায় 600 মিলি. NH_3 গ্যাস আছে। অতঃপর সমচাপে উষ্ণতা কমানোর ফলে ইহার আয়তন 400 মিলি. হইল। গ্যাসটিকে কত উষ্ণতায় শীতল করা হইয়াছিল? (উঃ। −73°C)

7. N. T. P.-তে একটি গ্যাসের আয়তন 8·4 লিটার। 76 সেমি. চাপে এবং 91°C উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? (উঃ। 11 লিটার)

8. −73°C উষ্ণতায় এবং 760 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 150 সি.সি.। S. T. P.-তে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত? (উঃ। 204·75 মিলি.)

9. 0°C উষ্ণতায় এবং 19 সেমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 800 সি.সি.। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? (উঃ। 200 মিলি.)

10. 12 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে একটি সিলিণ্ডারে 10 লিটার গ্যাস আবদ্ধ করা আছে। এই সিলিণ্ডার হইতে 5 লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি বেলুন পূর্ণ করা হইল। পূর্ণ করার ফলে বেলুনের অভ্যন্তরস্থ চাপ 1·5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হইল। সিলিণ্ডারে অবশিষ্ট গ্যাসের চাপ কত হইবে? (উঃ। 11·25 বায়ু চাপ)

11. নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 755 মিমি. চাপে 500 মিলি.। স্থির উষ্ণতায় এবং কত চাপে এই গ্যাসটির আয়তন 755 মিলি. হইবে? (উঃ। 500 মিমি.)

12. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 সেমি.। একই উষ্ণতা এবং একই চাপে 10 মিমি. বায়ু ব্যারোমিটারের ভিতর প্রবেশ করান হইল। ইহার ফলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কমিয়া 25 সেমি. হইল। ব্যারোমিটারের অভ্যন্তরে প্রবিষ্ট বায়ুর আয়তন কত? (উঃ। 15 মিলি.)

13. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 720 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 45 মিলি.। চাপ 760 মিমি.-এ বর্ধিত করিলে একই উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? (উঃ। 42·63 মিলি.)

14. 23°C উষ্ণতায় এবং 800 মিমি. চাপে 100 সি.সি. অক্সিজেনকে জলের

উপর সংগ্রহ করা হইল। শুষ্ক অবস্থায় এই অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন কত হইবে? 23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 21·00 মিমি.।

(উঃ। 93·28 মিলি.)

15. 0°C উষ্ণতায় এবং 780 মিমি. চাপে 200 মিলি. একটি গ্যাসকে 740 মিমি. চাপে 250 মিলি. করিতে কত উষ্ণতার প্রয়োজন হইবে? (উঃ 63·7°C)

16. 22°C উষ্ণতা এবং 755 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ শুষ্ক বাতাসের আয়তন 250 মিলি.। কত উষ্ণতায় 700 মিমি. চাপে ঐ পরিমাণ বাতাসের আয়তন 100 মিলি. হইবে? (উঃ। −164°C)

17. 17°C উষ্ণতায় এবং 750 মিমি. চাপে এক লিটার একটি গ্যাসের ওজন 1·33 গ্রাম। 640 মিমি. চাপে 37°C উষ্ণতায় 500 মিলি. ঐ গ্যাসের ওজন কত হইবে? (উঃ। 0·53 গ্রাম)

18. 23°C উষ্ণতায় এবং 800 মিমি. চাপে জলের উপর সংগৃহীত অক্সিজেনের আয়তন 200 সি.সি.। শুষ্ক অবস্থায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের N. T. P.-তে আয়তন কত? 23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 21·00 মিমি.। (উঃ। 94·54 মিলি.)

19. 566 মিমি. চাপে এবং 10°C উষ্ণতায় 380 সি.সি. নাইট্রোজেনের ওজন কত? (উঃ। 0·3376 গ্রাম)

20. প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন 1·25 গ্রাম। 23°C উষ্ণতায় 725 মিমি. চাপে 600 মিলি. নাইট্রোজেনের ওজন কত?

(উঃ। 0·432 গ্রাম)

21. প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার CO_2-এর ওজন 1·98 গ্রাম। 675 মিমি: চাপে এবং 15°C উষ্ণতায় 1 লিটার CO_2-এর ওজন কত? (উঃ। 1·67 গ্রা:/লি:)

22. 750 মিমি. চাপে 250 মিলি. N_2 এবং 600 মিমি. চাপে 500 মিলি. O_2 এক লিটার ধারণ-ক্ষমতাসম্পন্ন একটি পাত্রে আবদ্ধ করা হইল। উষ্ণতা স্থির থাকিলে মিশ্রণটির চূড়ান্ত চাপ কত হইবে? [Bombay 1966] (উঃ। 475 মিমি.)

23. 600 মিমি. চাপে A গ্যাসের 250 মিলি. এবং 750 মিমি. চাপে B গ্যাসের 500 মিলি. 3 লিটার ধারণ-ক্ষমতাসম্পন্ন একটি পাত্রে আবদ্ধ করা হইল। অপরিবর্তিত উষ্ণতায় মিশ্রণটির চূড়ান্ত চাপ কত? (উঃ। 175·5 মিমি.)

24. পিস্টনযুক্ত একটি সিলিণ্ডারে 100 মিলি. বাতাস আবদ্ধ করা আছে। অপরিবর্তিত উষ্ণতায় চাপ (a) অর্ধেক করিলে, (b) দ্বিগুণ করিলে, (c) চারগুণ করিলে এবং (d) প্রাথমিক চাপের $\frac{1}{4}$ অংশ করিলে যথাক্রমে আয়তনগুলি কত হইবে? (উঃ। 200 মিলি., 50 মিলি., 25 মিলি., 400 মিলি.)

25. 4 লিটার ধারণ-ক্ষমতাযুক্ত একটি ইস্পাত-নির্মিত সিলিণ্ডার 50 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে O_2 দ্বারা পূর্ণ করা হইল। সিলিণ্ডারটির কর্ক খুলিলে অপরিবর্তিত তাপমাত্রায় কত আয়তন অক্সিজেন সিলিণ্ডার হইতে বহির্গত হইবে?

(উঃ। 196 লিটার)

26. 760 মিমি. চাপে এবং 27°C উষ্ণতায় একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 38। স্থির উষ্ণতায় চাপ 500 মিমি.-এ কমাইলে গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব কত হইবে? (উঃ। 25)

27. একটি গ্যাস 760 মিমি. চাপে আছে। এক লিটার ধারণ-ক্ষমতাযুক্ত একটি সিলিণ্ডারে উক্ত গ্যাসের 10 লিটার সজোরে প্রবেশ করাইতে কত বায়ুমণ্ডলীয় চাপের প্রয়োজন হইবে তাহা নির্ণয় কর। উষ্ণতা স্থির আছে। (উঃ। 10 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ)

28. স্থির চাপে 0°C উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ করিতে গ্যাসটিকে কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিতে হইবে? (উঃ। 273°C)

29. 12°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 600 মিলি.। স্থির চাপে গ্যাসটিকে 0°C উষ্ণতায় শীতল করিলে উহার আয়তনের পরিবর্তন কত হইবে? (উঃ। 25 মিলি. আয়তন কমিবে)

30. 875 মিমি. চাপে এবং 25°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 800 মিলি.। সমতাপমাত্রায় 700 মিমি. চাপে গ্যাসটির আয়তনের কত পরিবর্তন হইবে? (উঃ। 200 মিলি. আরও বাড়িবে)

31. 15°C উষ্ণতায় এবং 750 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 500 মিলি.। 50°C উষ্ণতায় গ্যাসটির আয়তনের পরিবর্তন 400 মিলি. করিতে হইলে কত চাপ প্রয়োগ করিতে হইবে? (উঃ। 1051 মিমি.)

32. 25°C উষ্ণতা এবং 800 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের আয়তন 400 মিলি.। 740 মিমি. চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 350 মিলি. করিতে উষ্ণতায় কত পরিবর্তন করিতে হইবে?

(উঃ। −32°C-এ শীতল করিতে হইবে)

33. আরগনের আণবিক ওজন 39·9। 90°C উষ্ণতায় এবং 735 মিমি. চাপে 15 গ্রাম আরগনের আয়তন কত হইবে? (উঃ। 11570 মিলি.)

34. 22°C উষ্ণতা এবং 760 মিমি. চাপে 2 লিটার আর্দ্র অক্সিজেন পাইতে কত গ্রাম $KClO_3$-কে উত্তপ্ত করিতে হইবে? 22°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 19·8 মিমি.। (উঃ। 6·578 গ্রাম)

35. 27°C উষ্ণতা এবং 750 মিমি. চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 38 মিলি.; স্থির আয়তনে কত উষ্ণতায় ইহার চাপ 720 মিমি. হইবে?

[Bombay, 1963] (উঃ। 15°C)

36. 750 মিমি. চাপে এবং 27°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন 50 মিলি.। 17°C উষ্ণতা এবং 760 মিমি. চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? [Bombay, 1962] (উঃ। 47·7 মিলি.)

37. 760 মিমি. চাপে এবং 27°C উষ্ণতায় 3 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসের ওজন 7·8 গ্রাম। S. T. P.-তে ঐ গ্যাসের 22·4 লিটারের ওজন কত?

[Bombay, 1965] (উঃ। 64 গ্রাম)

38. 750 মিমি. চাপে 27°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 250 মিলি.; 87°C উষ্ণতা এবং 720 মিমি. চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? [Bombay, 1969] (উঃ। 312·5 মিলি.)

39. 27°C উষ্ণতায় 82 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এক লিটার ধারণ-ক্ষমতাসম্পন্ন একটি সিলিণ্ডারে H_2 গ্যাস ভরিতে হইবে। প্রয়োজনীয় H_2-এর S. T. P.-তে আয়তন কত হইবে? সিলিণ্ডারের অভ্যন্তরস্থ H_2-এর ঘনত্ব কত হইবে?
[I. I. T., 1964] (উঃ। 74·62 লিটার, 6·667 গ্রাম/লিটার)

40. এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে একটি গ্যাস সিলিণ্ডারে A, B, C এবং D চারিটি গ্যাসের মিশ্রণ আছে। A, B এবং D-এর আংশিক চাপ যথাক্রমে 150 মিমি., 250 মিমি. এবং 300 মিমি.। C-এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর। (উঃ। 60 মিমি.)

41. S. T. P.-তে 21 সেমি. ব্যাসযুক্ত কয়েকটি গোলাকার বেলুন হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিতে হইবে। ইহার জন্য প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন একটি সিলিণ্ডার হইতে লওয়া হইবে যাহার উষ্ণতা 27°C এবং চাপ 100 অ্যাটমোস-ফিয়ার। সিলিণ্ডারটি S. T. P.-তে 2·82 লিটার জল ধারণ করিতে সক্ষম। সিলিণ্ডারে বর্তমান H_2 দ্বারা মোট কতগুলি বেলুন পূর্ণ করা যাইবে?
[I. I. T., 1969] (উঃ। 52 বেলুন)

42. 27°C উষ্ণতায় একটি বোতলে একটি গ্যাস পূর্ণ করা আছে। বোতলটির উষ্ণতা কত হইলে গ্যাসটির আয়তন (a) 25% বাড়বে, (b) 25% কমবে?
[Punjab, 1969] (উঃ। 102°C এবং −48°C)

43. 0°C উষ্ণতার একটি সিলিণ্ডারে 16 গ্রাম O_2, 28 গ্রাম N_2 আবদ্ধ করা আছে। সিলিণ্ডারটির ধারণ-ক্ষমতা 11·2 লিটার। গ্যাসমিশ্রণটির মোট চাপ অ্যাটমোসফিয়ার এককে বাহির কর। (উঃ। 3 অ্যাটমোসফিয়ার)

44. 10°C উষ্ণতা 566 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 380 মিলি. নাইট্রোজেনের ওজন কত হইবে? [Punjab, 1960] (উঃ। 0·341 গ্রাম]

45. S. T. P.-তে অক্সিজেনের গ্রাম আণবিক আয়তন 22·4 লিটার। 1·1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 27·3°C উষ্ণতায় অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক আয়তন কত হইবে? একটি গ্যাস B অক্সিজেন অপেক্ষা 1·5 গুণ ভারী হইলে S. T. P.-তে B-এর গ্রাম আণবিক আয়তন কত হইবে? [Sardar Patel Uni. 1968]
(উঃ। 22·4 লি, 22·4 লি.)

46. একটি উন্মুক্ত পাত্র 20°C উষ্ণতায় আছে। অতঃপর ইহাকে উত্তপ্ত করা হইল। উত্তাপনের ফলে এক-তৃতীয়াংশ বাতাস বহির্গত হইল। কত উষ্ণতা পর্যন্ত পাত্রটিকে উত্তপ্ত করা হইয়াছিল? (উঃ। 117°C)

47. 17°C এবং 770·2 মিমি. চাপে 0·524 লিটার একটি গ্যাসের ওজন 0·985 গ্রাম। N. T. P.-তে 250 মিলি. ঐ গ্যাসের ওজন কত হইবে?
(উঃ। 0·4913 গ্রাম)

48. 1470 মিমি. চাপে এবং 16·5°C উষ্ণতায় কত আয়তন নাইট্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন 1 লিটার হইবে? [Delhi, 1963] (উঃ। 548·0 মিলি.)

49. স্থির উষ্ণতায় এক লিটার ধারণ-ক্ষমতাসম্পন্ন একটি ফ্লাস্কে 720 মিমি. চাপে 250 মিলি. নাইট্রোজেন এবং 650 মিমি. চাপে 380 মিলি. অক্সিজেন আবদ্ধ করা হইল। গ্যাস-মিশ্রণটির চূড়ান্ত চাপ কত হইবে?
[Delhi, 1969] (উঃ। 427 মিমি.)

50. N. T. P.-তে একটি গ্যাসের আয়তন 27·5 মিলি.। 27°C উষ্ণতায় উহার আয়তন একই রাখিতে কত চাপের প্রয়োজন হইবে?
[Bombay Inter] (উঃ। 835·1 মিমি.)

51. নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি গ্যাসের আয়তন 15°C উষ্ণতা এবং 700 মিমি. চাপে 200 মিলি.। −15°C উষ্ণতায় এবং 800 মিমি. চাপে উহার আয়তন কত হইবে? [Karnatak Inter] (উঃ। 156·7 মিলি.)

52. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 750 মিমি. চাপে 5 লিটার নাইট্রোজেনকে 1 লিটার ধারণক্ষমতা-সম্পন্ন একটি সিলিণ্ডারে ভরিতে হইবে। একই উষ্ণতায় এই কাজ করিতে কত বায়ুমণ্ডলীয় চাপের প্রয়োজন হইবে? [Gujrat Inter]
(উঃ। 4·935 বায়ু চাপ)

53. CO_2 এবং O_3-এর ব্যাপনের গতির অনুপাত 0·29 : 0·274। CO_2-এর আপেক্ষিক ঘনত্ব 22 হইলে O_3-এর আপেক্ষিক ঘনত্ব কত? [D. H. S. 1964]
(উঃ। 24·63)

54. একটি সছিদ্র পর্দার মধ্য দিয়া 24 মিলি. H_2 180 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়। একই পর্দার মধ্য দিয়া অন্য একটি গ্যাসের 24 মিলি. ব্যাপিত হয় 195 সেকেণ্ডে। দ্বিতীয় গ্যাসটির বাষ্পঘনত্ব কত? [A. I. H. S. 1969] (উঃ। 1·17)

55. 35 মিলি. ওজোনের ব্যাপিত হইতে যত সময় লাগে 25 মিলি. ক্লোরিনের ব্যাপিত হইতে ঠিক তত সময় লাগে। ক্লোরিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 35·5 হইলে ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় কর। [Aligarh, 1967] (উঃ। 24·6)

56. 57 মিলি. H_2 ব্যাপিত হইতে যে-সময় লাগে 10 মিলি. অন্য একটি গ্যাস G ব্যাপিত হইতে ঠিক সেই সময় লাগে। G-এর আণবিক ওজন কত?
[Punjab, 1969] (উঃ। 64·98)

57. সম-চাপ ও তাপমাত্রায় 114 মিলি. হাইড্রোজেনের ব্যাপিত হইতে যে-সময় লাগে 20 মিলি. সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যাপিত হইতে ঠিক সেই সময় লাগে। সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [Delhi, 1963]
(উঃ। 64·98)

58. একটি অজ্ঞাত গ্যাসের ব্যাপনের হার অক্সিজেনের ব্যাপনের হারের 4 গুণ। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত? [Punjab, 1964] (উঃ। 2)

59. ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেনের নির্দিষ্ট একটি আয়তন ব্যাপিত হইতে 175 সেকেণ্ড সময় লাগে। সম-আয়তন অক্সিজেনের ব্যাপনের সময় 168 সেকেণ্ড। ওজন-মিশ্রিত অক্সিজেনে আয়তনগত হিসাবে 20% ওজোন থাকিলে ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় কর। [M. P. 1964] (উঃ। 22·8)

60. একটি সছিদ্র ঢাকনা দিয়া 150 মিলি. অক্সিজেন 25 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়। সম-চাপ ও তাপমাত্রায় একই ঢাকনার মধ্য দিয়া 200 মিলি. CO_2-এর ব্যাপিত হইতে কত সময় লাগিবে? [Bihar, H. S. 1962]

(উঃ। 39·08 সেকেণ্ড)

61. একটি সছিদ্র পর্দার মধ্য দিয়া ব্যপিত হইতে 300 মিলি. অক্সিজেনের সময় লাগে 50 সেকেণ্ড। সম-অবস্থায় 750 মিলি. ক্লোরিন ঐ পর্দা দিয়া কত সময়ে ব্যাপিত হইবে? [Rajasthan, 1966] (উঃ। 186·2 সেকেণ্ড)

62. একটি পাত্র হইতে 100 আয়তন বাতাস ব্যাপিত হইতে সময় লাগে 9 সেকেণ্ড। সম-অবস্থায় সম-আয়তন ক্লোরিনের ব্যাপিত হইতে কত সময় লাগিবে? বাতাস এবং ক্লোরিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 14·4 এবং 35·5?

[Punjab, 1967] (উঃ। 14·13 সেকেণ্ড)

63. একটি সছিদ্র ছিপির মধ্য দিয়া 25 মিলি. অক্সিজেন 100 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়। একই সময়ে এবং সম-অবস্থায় কত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড ঐ ছিপির মধ্য দিয়া ব্যাপিত হইবে? (উঃ। 21·32 সি.সি.)

64. একটি সছিদ্র পর্দার মধ্য দিয়া 25 মিলি CH_4-এর ব্যাপিত হইতে সময় লাগে 4 সেকেণ্ড। একই অবস্থায় 10 সেকেণ্ডে ঐ পর্দার মধ্য দিয়া কত আয়তন NO ব্যাপিত হইবে। (উঃ। 45·64 সি.সি.)

65. 1 লিটার ধারণক্ষমতাযুক্ত একটি ডেসিকেটরে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস ভরা আছে। সম-উষ্ণতায় ইহা হইতে আংশিকভাবে নাইট্রোজেন অপসারিত করার পর দেখা গেল আভ্যন্তরীণ চাপ 7·6 মিমি.। ডেসিকেটরের অভ্যন্তরে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন প্রাথমিক চাপে কত হইবে?

[I. I. T. 1976] (উঃ। 100 মিলি.)

66. একটি সোজা কাচের নলের দুইটি উন্মুক্ত প্রান্ত X এবং Y। নলটির দৈর্ঘ্য 200 সেমি.। যুগপৎভাবে X প্রান্ত দিয়া HCl গ্যাস এবং Y প্রান্ত দিরা NH_3 গ্যাস প্রবেশ করিতে দেওয়া হইল। নলটির অভ্যন্তরে একটি বিন্দু P-তে সাদা ধোঁয়া দেখা গেল। X হইতে P-এর দূরত্ব নির্ণয় কর। [I. I. T. 1980]

(উঃ। 81·14 সেমি.)

67. 87°C উষ্ণতায় এবং 0·6 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 2·7 লিটার একটি গ্যাসের ওজন 1·518 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন কত?

[D. H. S. 1974] (উঃ। 27·69)

৮

দ্রবণ ও দ্রাব্যতা

[SOLUTION AND SOLUBILITY]

[Syllabus : Solution of solid in liquid. Solubility. Saturated, unsaturated and supersaturated solution. Solubility curves and determination of solubility. Crystallisation, fractional crystallisation, water of crytallisation and its determination, Colloids and dialysis.]

দ্রবণ সম্বন্ধে আলোচনা আরম্ভ করার পূর্বে আমরা দুইটি সংজ্ঞা সম্বন্ধে আবার স্পষ্ট ধারণা করিয়া লইব। একটি হইল **সমসত্ত্ব পদার্থ** এবং অপরটি হইল **অসমসত্ত্ব পদার্থ**। কোন পদার্থের সর্বত্রই যদি একই ধর্ম বর্তমান থাকে তাহাকে **সমসত্ত্ব পদার্থ** বলে। আবার যে-পদার্থের বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন ধর্ম পরিলক্ষিত হয় তাহাকে **অসমসত্ত্ব পদার্থ** বলে।

খানিকটা জলে চিনি যোগ করিয়া আলোড়িত করিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, চিনি অদৃশ্য হইয়া গিয়াছে এবং চিনি ও জলের একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ প্রস্তুত হইয়াছে। অনুরূপভাবে কিছু পরিমাণ জলে খাদ্য লবণ যোগ করিয়া আলোড়িত করিলে একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ পাওয়া যাইবে। দুই বা ততোধিক পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণকে **দ্রবণ** বা **প্রকৃত দ্রবণ** (True solution) বলা হয়। সুতরাং মিশ্রণটি যদি সমসত্ত্ব না হয় তাহা হইলে উহা প্রকৃত দ্রবণ হইবে না। কিছু পরিমাণ জলে কাঠ কয়লার গুঁড়া যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে দেখা যাইবে যে, কিছু সময় পরে কাঠ কয়লার গুঁড়াগুলি উপরে ভাসিয়া উঠিয়াছে। নীচে জল এবং উপরে কাঠ কয়লার গুঁড়া। সুতরাং ইহা প্রকৃত দ্রবণ নহে। অনুরূপভাবে, জল ও বালির মিশ্রণ দ্রবণ নহে। ইহাদিগকে বলা হয় সাসপেনশন (suspension)। আমরা সকলেই দুধ দেখিয়াছি। আপাতদৃষ্টিতে দুধকে সমসত্ত্ব বলিয়া মনে হইলেও প্রকৃত প্রস্তাবে উহা সমসত্ত্ব নহে। যদি অতি শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রদ্বারা (ultra microscope) দুধকে পরীক্ষা করা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, উহা অসমসত্ত্ব। বিভিন্ন জৈব যৌগের কণা তরলে ভাসমান অবস্থায় আছে। প্রাণিদেহের রক্ত আপাতদৃষ্টিতে সমসত্ত্ব বলিয়া মনে হইলেও উহা অসমসত্ত্ব।

শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, বিভিন্ন প্রকারের রক্ত-কণিকা (শ্বেত-কণিকা, লোহিত-কণিকা ইত্যাদি) রক্তের রসে ভাসমান অবস্থায় বিচরণ করিতেছে। এই জাতীয় দ্রবণকে (দুধ এবং রক্ত) বলা হয় কলয়ডিয় দ্রবণ (Colloidal solution)। জলে সাবান যোগ করিয়া আলোড়িত করিলেও কলয়ডিয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

প্রকৃত দ্রবণের সংজ্ঞা : দুই বা ততোধিক পদার্থ মিশ্রিত হইয়া

যদি সমসত্ত্ব মিশ্রণ গঠন করে তবে সেই মিশ্রণকে বলা হয় প্রকৃত দ্রবণ। এই মিশ্রণে যে পদার্থের পরিমাণ আপেক্ষিকভাবে বেশি তাহাকে **দ্রাবক** (solvent) বলা হয় এবং যে পদার্থের পরিমাণ আপেক্ষিকভাবে কম তাহাকে বলা হয় **দ্রাব** (solute)।

সুতরাং দ্রবণ=দ্রাব+দ্রাবক

দ্রাব এবং দ্রাবক বিভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকিতে পারে। যথা—কঠিন, তরল এবং বায়বীয়। তবে আমরা এই অধ্যায়ে কঠিন এবং তরলের দ্রবণ লইয়া বিশেষভাবে আলোচনা করিব। বিভিন্ন প্রকার দ্রবণের উদাহরণ দেওয়া হইল :

দ্রাব	দ্রাবক	দ্রবণের উদাহরণ
কঠিন	তরল	চিনির জল
কঠিন	কঠিন	ধাতুসংকর (alloy)
তরল	তরল	অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ
গ্যাস	তরল	সোডা ওয়াটার (CO_2 ও জলের দ্রবণ)
গ্যাস	গ্যাস	বায়ু
তরল	কঠিন	অ্যামালগাম

জল একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক। সুতরাং এই অধ্যায়ে আলোচনাকালে বেশির ভাগ ক্ষেত্রে জলকে দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করা হইবে।

অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত এবং অতিপৃক্ত দ্রবণ : একটি পরীক্ষানলে কিছু পরিমাণ জল লইয়া উহাতে সামান্য খাদ্যলবণ যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে খাদ্যলবণ দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। ক্রমান্বয়ে খাদ্যলবণ যোগ করিয়া আলোড়িত করিলে এক সময়ে দেখা যাইবে যে, খাদ্যলবণ আর দ্রবীভূত হইতেছে না অর্থাৎ পরীক্ষা-নলের মধ্যস্থিত জলের খাদ্যলবণকে দ্রবীভূত করার ক্ষমতার একটা সীমা আছে। এই সীমা অতিক্রম করিলে অতিরিক্ত খাদ্যলবণ অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যাইবে। **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন দ্রাবক যত পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত করিতে পারে সেই পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে সম্পৃক্ত দ্রবণ বলে।**

নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবককে নির্দিষ্ট উষ্ণতা এবং চাপে সম্পৃক্ত করিতে যে-পরিমাণ দ্রাবের প্রয়োজন হয় যদি দ্রবণটিতে তাহার অপেক্ষা কম দ্রাব বর্তমান থাকে তাহা হইলে দ্রবণটি ঐ উষ্ণতায় এবং চাপে অসম্পৃক্ত দ্রবণ হইবে।

আবার যদি কোনও বিশেষ উপায়ে এমন একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় যে-দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ দ্রাবককে সম্পৃক্ত করিতে (নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে) যে-পরিমাণ দ্রবের প্রয়োজন হয় তাহা অপেক্ষা বেশি সেই দ্রবণকে বলা হয় অতিপৃক্ত দ্রবণ।

ধরা যাক, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোনও দ্রাবককে 10 গ্রাম কোন দ্রাব সম্পৃক্ত করিতে পারে। এখন যদি এমন একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়, যে-দ্রবণে ঐ চাপ এবং উষ্ণতায় দ্রাবের পরিমাণ 10 গ্রামের বেশি তখন দ্রবণটি অতিপৃক্ত হইবে।

দ্রবণীয়তা (Solubility)ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 100 গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করিতে যত গ্রাম দ্রাবের প্রয়োজন হয় দ্রাবের ঐ ওজন সংখ্যাকে ঐ বিশেষ তাপমাত্রায় উহার **দ্রবণীয়তা** বা **দ্রাব্যতা** বলা হয়।

30°C তাপমাত্রায় 100 গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করিতে 45 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেটের প্রয়োজন হয়। সুতরাং 30°C তাপমাত্রায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা 45। সুতরাং কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যদি a গ্রাম দ্রাব b গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করে তাহা হইলে দ্রাবটির দ্রাব্যতা $S=\frac{a}{b}\times 100$

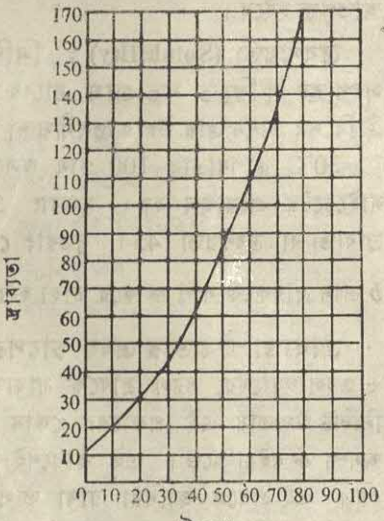
দ্রাব্যতা উষ্ণতার এবং চাপের উপর নির্ভরশীলঃ সাধারণত কঠিন ও তরল পদার্থের, তরল দ্রাবকে দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এই প্রকারের কোন সম্পৃক্ত দ্রবণের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহা অসম্পৃক্ত হইয়া পড়ে। এই কারণেই দ্রাব্যতার সংজ্ঞায় উষ্ণতার উল্লেখ করিতে হয়। এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা ভাল যে, দ্রাব্যতা চাপের উপরও নির্ভরশীল। তবে দ্রাব যদি গ্যাস হয় তাহা হইলে চাপের প্রভাব স্পষ্টভাবে লক্ষ্য করা যায়। যদি দ্রাবক তরল হয় এবং দ্রাব কঠিন অথবা তরল হয় সেই ক্ষেত্রে চাপের প্রভাব উপেক্ষা করা যাইতে পারে। তরল এবং কঠিন দ্রাবকে গ্যাসের দ্রাব্যতা চাপবৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত এবং অতিপৃক্ত দ্রবণের পরিচায়ক পরীক্ষাঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণে দ্রাব যোগ করিলে যদি উহা পূর্ণভাবে বা আংশিক-ভাবে দ্রবীভূত হইয়া যায় তাহা হইলে দ্রবণটি অসম্পৃক্ত ছিল। আর যদি উহা একেবারেই দ্রবীভূত না হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে দ্রবণটি সম্পৃক্ত। অপরপক্ষে দ্রাব যোগ করিলে যদি দ্রাবের পরিমাণের বৃদ্ধি ঘটে এবং দ্রাবকটি অদৃশ্য হইয়া যায় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে দ্রবণটি অতিপৃক্ত।

একটি অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুতিঃ একটি পরীক্ষা-নলে খানিকটা সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3$, 5 H_2O) লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা তরলীভূত হইয়া যাইবে। মনে হইতে পারে যে, উহা গলিয়া গেল। আসলে তাহা ঘটে নাই। সোডিয়াম থায়োসালফেটে যে-কেলাস জল বর্তমান ছিল, সোডিয়াম থায়োসালফেট তাহাতে দ্রবীভূত হইয়া স্বচ্ছ তরলে পরিণত হইয়াছে। ইহা একটি অতিপৃক্ত দ্রবণ। ইহা শীতল করিলেও ইহা হইতে সোডিয়াম থায়োসালফেট কেলাস পৃথক হইবে না। ইহাতে অতিরিক্ত সোডিয়াম থায়োসালফেটের কেলাস যোগ করিলে উহার পরিমাণের বৃদ্ধি ঘটিবে এবং সমস্ত তরলটি কঠিন হইয়া যাইবে।

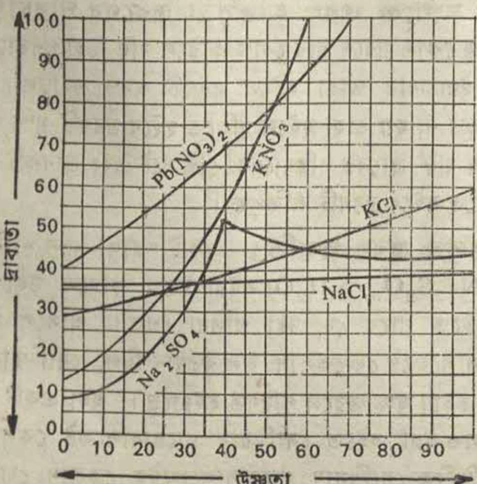
দ্রাব্যতা-লেখ (Solubility Curve) : পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, তরল দ্রাবকে, কঠিন এবং তরল পদার্থের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা বিভিন্ন উষ্ণতায় নির্ণয় করিয়া x-অক্ষকে উষ্ণতা অক্ষ এবং y-অক্ষকে দ্রাব্যতা অক্ষ ধরিয়া ছক কাগজে স্থাপন (plot) করিলে যে-লেখ পাওয়া যায় তাহাকে দ্রাব্যতা-লেখ বলে। নিম্নে বিভিন্ন তাপমাত্রায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের জলে দ্রাব্যতা দেওয়া হইল এবং দ্রাব্যতা-লেখ অঙ্কন করা হইল (চিত্র 8.1) :

উষ্ণতা °C	দ্রাব্যতা
0	13·5
10	21
20	31·5
30	45
40	64
50	85
60	110
70	138
80	169
100	247



চিত্র 8.1 পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা-লেখ

আরও কতকগুলি লবণ যথা সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম সালফেট, লেড নাইট্রেট, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, পটাসিয়াম ক্লোরাইডের লেখ এক সঙ্গে দেখানো হইল।



চিত্র 8.2 বিভিন্ন লবণের দ্রাব্যতা-লেখ

দ্রাব্যতা লেখের গুরুত্ব (Utility of solubility curve) : দ্রাব্যতা লেখ হইতে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানিতে পারি :

(i) নির্দিষ্ট দ্রাবকে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যায়। যেমন, 75°C উষ্ণতায় $Pb(NO_3)_2$-এর দ্রাব্যতা 50।

(ii) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন দ্রাবের দ্রাব্যতার তুলনামূলক আলোচনা সম্ভব। যেমন, KCl-এর দ্রাব্যতার পরিবর্তনের হার NaCl-এর তুলনায় বেশি। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় KCl-এর দ্রাব্যতা $Pb(NO_3)_2$ তুলনায় কম।

(iii) উষ্ণতার সহিত দ্রাবের দ্রাব্যতার পরিবর্তন কিভাবে হইতেছে সে সম্বন্ধে ধারণা করা যায়। যেমন, $Pb(NO_3)_2$-এর দ্রাব্যতা উষ্ণতার সহিত ক্রমশ বৃদ্ধি পাইতেছে কিন্তু Na_2SO_4 দ্রাব্যতা ক্রমশ বৃদ্ধি পাইয়া আবার কমিয়া যাইতেছে। NaCl-এর দ্রাব্যতা বিভিন্ন উষ্ণতায় কম হারে পরিবর্তিত হইতেছে।

(iv) উচ্চ উষ্ণতায় সম্পৃক্ত কোনও দ্রবণকে শীতল করিলে কি পরিমাণ দ্রাব অধঃক্ষিপ্ত হইবে তাহা দ্রাব্যতা-লেখ হইতে নির্ণয় করা যায়। দ্রাব্যতা-লেখ হইতে বিভিন্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় করিয়া উচ্চ উষ্ণতার দ্রাব্যতা হইতে নিম্ন উষ্ণতার দ্রাব্যতা বিয়োগ করিলেই অধঃক্ষিপ্ত দ্রাবের পরিমাণ জানা যাইবে।

(v) কোন নির্দিষ্ট দ্রাবকে যদি একাধিক দ্রাব দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে ঐ দ্রবণকে শীতল করিলে কোন্ দ্রাবটি প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হইবে তাহা জানা যায়। দ্রাব্যতা-লেখ হইতে জানিয়া লইতে হইবে, কোন্ দ্রাবটির দ্রাব্যতা তুলনামূলকভাবে কম। দ্রবণকে শীতল করিলে কম দ্রাব্যতাসম্পন্ন দ্রাব প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা নির্ণয় (Determination of the Solubility of a substance) : প্রথমে একটি বিকারে কিছু পরিমাণ পাতিত জল লইয়া ইহাতে যে-কোন একটি লবণ (ধরি, পটাসিয়াম নাইট্রেট) মিশ্রিত করিয়া কাচদণ্ড দ্বারা আলোড়িত করা হয়। যতক্ষণ না দ্রবণটি সম্পৃক্ত হইতেছে ততক্ষণ এই প্রক্রিয়া চালাইয়া যাইতে হয়। সামান্য পরিমাণ লবণ স্থায়িভাবে অদ্রবীভূত হইয়া পড়িয়া থাকিলে বুঝিতে পারা যায়, দ্রবণটি সম্পৃক্ত হইয়াছে। অতঃপর সম্পৃক্ত দ্রবণটি ফিল্টার কাগজে ছাঁকিয়া লওয়া হয়।

এইবার একটি পোর্সেলিনের খর্পর (পোর্সেলিন-নির্মিত ছোট পাত্র) লইয়া ওজন করা হয়। ইহার পর এই খর্পরে সামান্য পরিমাণ সম্পৃক্ত দ্রবণ লইয়া খর্পরটির আবার ওজন লওয়া হয়। অতঃপর দ্রবণসহ খর্পরটি একটি জলগাহে (water bath) বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়া জলকে সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত করা হয়। পরিশেষে লবণদানাসহ খর্পরটি শোষকাধারে (desicator) রাখিয়া শীতল করিয়া পুনরায় ওজন করা হয়। ধরা যাক,

শূন্য খর্পরের ওজন $=W_1$ গ্রাম
খর্পর+সম্পৃক্ত দ্রবণের ওজন$=W_2$ গ্রাম
খর্পর+শুষ্ক লবণের ওজন$=W_3$ গ্রাম.

∴ জলের ওজন $=(W_2-W_3)$ গ্রাম
এবং লবণের ওজন $=(W_3-W_1)$ গ্রাম

সুতরাং, W_2-W_3 গ্রাম জলে W_3-W_1 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত আছে।

$$\therefore \text{ লবণটির দ্রাব্যতা } S=\frac{W_3-W_1}{W_2-W_3}\times 100$$

পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় উর্ধ্ব এবং নিম্ন তাপমাত্রায় দ্রাব্যতা নির্ণয় (Solubility of a substance at a temperature higher or lower than the laboratory temperature) : ইহা করিবার জন্য থার্মোস্টাট (Thermostat) নামক ব্যবস্থার প্রয়োজন। এই ব্যবস্থার সাহায্যে পরীক্ষাধীন দ্রবণের উষ্ণতা পরীক্ষাগারের উষ্ণতার উর্ধ্বে অথবা নিম্নে স্থির রাখা যায়। থার্মোস্টাটের সাহায্যে বিভিন্ন উষ্ণতায় কোন লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া পূর্ব পদ্ধতি অনুযায়ী ঐ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় লবণটির দ্রাব্যতা নির্ণয় সম্ভব।

কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ (Crystallisation) : উচ্চ উষ্ণতায় কপার সালফেটের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া যদি শীতল করা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, কিছু পরিমাণ কপার সালফেট দ্রবণ হইতে কঠিন হিসাবে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়িয়াছে। একটু লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, এই বিচ্ছিন্ন কপার সালফেটের একটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বর্তমান। এই বিচ্ছিন্ন হওয়ার কারণ খুবই স্পষ্ট। নিম্ন তাপমাত্রায় কপার লালফেটের দ্রাব্যতা কম বলিয়া উচ্চ তাপমাত্রায় অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত কপার সালফেটের কিছু অংশ বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। অন্যান্য লবণ লইয়া পরীক্ষা করিলে একই ঘটনা ঘটিবে। এই পদ্ধতিকে বলা হয় **কেলাসন** বা **স্ফটিকীকরণ** (Crystallisation)। বিভিন্ন কেলাসের ছবি নিম্নে দেওয়া হইল (চিত্র 8.3) :



চিত্র 8.3 কয়েকটি বিভিন্ন জ্যামিতিক আকারের কেলাস

100°C উষ্ণতায় পটাসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা 56 এবং 20°C উষ্ণতায় ইহার দ্রাব্যতা 34 সুতরাং 100°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে পটাসিয়াম ক্লোরাইডের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণকে 20°C উষ্ণতায় শীতল করিলে 22 গ্রাম (56 − 34 গ্রাম = 22 গ্রাম) পটাসিয়াম ক্লোরাইড নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার লইয়া বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে।

উচ্চ উষ্ণতায় প্রস্তুত সম্পৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিলে দ্রাব কঠিন

আকারে আংশিকভাবে দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। ভাল করিয়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, এই বিচ্ছিন্ন কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বর্তমান। নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারবিশিষ্ট কঠিন পদার্থকে কেলাস বলা হয় এবং এই পদ্ধতিকে কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ বলা হয়।

অন্যান্য পদ্ধতিতে কেলাসন (Crystallisation by other process) :

(a) বাষ্পায়ন : কোনও লবণকে জলে দ্রবীভূত করিয়া জলকে ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত করিলে লবণটি কেলাস আকারে পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত হইবে। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডের (NaCl) জলীয় দ্রবণকে একটি বীকারে লইয়া বুনসেন বাতির দ্বারা ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে NaCl-এর কেলাস বীকারের তলায় সঞ্চিত হইবে।

(b) উর্ধ্বপাতন : এই পদ্ধতিতেও কোন কোনও পদার্থের কেলাস প্রস্তুত করা সম্ভব। যেমন, কর্পূরকে অথবা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে উর্ধ্বপাতিত করিয়া উহাদের কেলাস তৈরি করা যায়।

(c) গলিত পদার্থ শীতল করিয়া : গলিত অবস্থায় গন্ধক লইয়া উহাকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে গন্ধকের কেলাস পাওয়া যাইবে।

আংশিক কেলাসন (Fractional Crystalisation) : ধরা যাক, 100 গ্রাম জলে 60° তাপমাত্রায় 45 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl) এবং 37 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) দ্রবীভূত করা আছে। 60° তাপমাত্রায় KCl-এর দ্রাব্যতা 45 এবং NaCl-এর দ্রাব্যতা 37। আবার ধরা যাক, এই দ্রবণটিকে 20°C উষ্ণতায় শীতল করা হইল। 20°C উষ্ণতায় KCl-এর দ্রাব্যতা 34 এবং NaCl-এর দ্রাব্যতা 36। সুতরাং এই উষ্ণতায় $(45-34)$ গ্রাম বা 11 গ্রাম KCl এবং $(37-36)$ গ্রাম বা 1 গ্রাম NaCl দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইবে। সুতরাং, ইহার ফলে অপেক্ষাকৃত বেশি পরিমাণ KCl বিচ্ছিন্ন হইবে। এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করিয়া NaCl হইতে KCl-কে সম্পূর্ণভাবে পৃথক করা যাইবে এবং NaCl দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিয়া যাইবে। এই পদ্ধতিই আংশিক কেলাসন। দুইয়ের অধিক লবণ দ্রবীভূত থাকিলেও আংশিক কেলাসন পদ্ধতি দ্বারা লবণগুলিকে পৃথক করা সম্ভব।

আংশিক কেলাসনের সংজ্ঞা : বিভিন্ন দ্রাব্যতাবিশিষ্ট একাধিক কঠিন পদার্থের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণকে উচ্চ তাপমাত্রা হইতে নিম্ন তাপমাত্রায় বারবার শীতল করিয়া কঠিন পদার্থগুলিকে কেলাস আকারে পৃথকীকরণের পদ্ধতিকে আংশিক কেলাসন বলে।

অ্যামোরফাস পদার্থ বা অনিয়তাকার পদার্থ (Amorphous substance) : গঠনগতভাবে কঠিনকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়—(i) কেলাস পদার্থ, (ii) অ্যামোরফাস পদার্থ বা অনিয়তাকার পদার্থ। ইতিমধ্যেই আমরা জানিতে পারিয়াছি, কেলাসগুলি সৃষ্টির সঙ্গে সঙ্গেই নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার ধারণ করিয়া গঠিত হয়। কিন্তু অনিয়তাকার পদার্থের কোন নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার নাই।

অনিয়তাকার পদার্থের উদাহরণ হইল : পিচ, গ্লু, চুন ইত্যাদি। কেলাস পদার্থের উদাহরণ হইল : সকল অজৈব লবণ এবং কিছু কিছু জৈব যৌগ।

কেলাস-জল (Water of crystallisation) : জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসনের সময় কিছু কিছু লবণ জলের অণু গ্রহণ করিয়া কেলাসের নির্দিষ্ট আকার ধারণ করে। কেলাসের প্রত্যেকটি অণু নির্দিষ্ট সংখ্যক জল অণুর সহিত যুক্ত থাকে। কেলাসের সহিত যুক্ত জল অণুকে কেলাস-জল বলে। যেমন, কপার সালফেট ($CuSO_4$) কেলাসের প্রত্যেক অণুতে 5 অণু জল (H_2O) যুক্ত থাকে। ইহার সঙ্কেত $CuSO_4, 5H_2O$ (নীল ভিট্রিওল)। অন্যান্য কেলাসের উদাহরণ—$FeSO_4, 7H_2O$ (সবুজ ভিট্রিওল), $Na_2SO_4, 10H_2O$ (গ্লবার লবণ), $Na_2CO_3, 10H_2O$; $MgSO_4, 7H_2O$ ইত্যাদি। এই প্রসঙ্গে জানিয়া রাখা ভাল যে, সকল কেলাসে কেলাস-জল থাকিবে এমন নহে। যেমন, পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3), সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$), অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl), পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) ইত্যাদির কেলাস কেলাস-জলহীন।

কেলাস-জল কেলাসের অণুর সহিত দুর্বল রাসায়নিক বলের দ্বারা যুক্ত থাকে। তবে এই কেলাস-জল কেলাসের নির্দিষ্ট জ্যামিতিক গঠন এবং বর্ণের জন্য দায়ী। এই কেলাস-জল উত্তাপ প্রয়োগে দূরীভূত করিলে কেলাসের জ্যামিতিক গঠন নষ্ট হইয়া যায় এবং বর্ণ পরিবর্তিত হয়।

সোদক কেলাস এবং অনার্দ্র কেলাস (Hydrated and anhydrous crystal) : যে-সকল কেলাস জল-অণু লইয়া গঠিত তাহাদিগকে সোদক কেলাস বলে। যেমন, $FeSO_4, 7H_2O$, ; $CuSO_4, 5H_2O$ ইত্যাদি। ব্লু ভিট্রিয়ল বা তুঁতে কেলাসকে উত্তপ্ত করিলে শেষ পর্যায়ে ইহা সাদা গুঁড়ার আকার ধারণ করে। ইহার কারণ উত্তাপ প্রয়োগের ফলে $CuSO_4, 5H_2O$ হইতে পর্যায়ক্রমে কেলাস-জল দূরীভূত হয় এবং শেষে সমস্ত কেলাস-জল অপসারিত হইলে উহা সাদা গুঁড়ার আকার ধারণ করে। এই সাদা গুঁড়া হইল অনার্দ্র তুঁতে (anhydrous copper sulphate)।

$$\underset{\text{নীল}}{CuSO_4, 5H_2O} \xrightarrow{100^\circ C} CuSO_4, H_2O \xrightarrow{230^\circ C} \underset{\text{সাদা}}{CuSO_4}$$

কেলাস-জল সমন্বিত কোন কেলাসের কেলাস-জলকে উত্তাপ প্রয়োগে অপসারিত করিলে অনার্দ্র কেলাস পাওয়া যায়। সুতরাং, যে-সকল কেলাসের কেলাস-জল উত্তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণভাবে অপসারিত হইয়াছে, সেই সকল কেলাসকে অনার্দ্র কেলাস বলে।

উদত্যাগ এবং উদগ্রহণ (Efflorescence and deliquescence) : কিছু সোদক কেলাস বাতাসে রাখিয়া দিলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে বাষ্পাকারে সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে কেলাস-জল ত্যাগ করে এবং অনিয়তাকার

চূর্ণ পদার্থে রূপান্তরিত হয়। এই সকল কেলাসকে উদত্যাগী কেলাস বলে এবং এই ঘটনাকে উদত্যাগ (efflorescence) বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম কার্বনেটের কেলাসকে (Na_2CO_3, $10H_2O$) বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে কেলাসের প্রতি অণু হইতে নয়টি জল-অণু অপসারিত হইয়া যায় এবং কেলাসটি একটি অনিয়তাকার গুঁড়া পদার্থে পরিণত হয়। $FeSO_4$, $7H_2O$; Na_2SO_4, $10H_2O$ উদত্যাগী পদার্থের উদাহরণ। কেলাস-জলের বাষ্পচাপ বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপ অপেক্ষা বেশি হইলে 'উদত্যাগ' ঘটনা ঘটে।

কিছু কিছু কেলাস আছে যাহাদিগকে বায়ুতে রাখিয়া দিলে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে এবং অবশেষে ঐ শোষিত জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই সকল কেলাসকে উদগ্রাহী কেলাস বলে। যেমন, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$)। এই ঘটনাকে উদগ্রহণ (Deliquescence) বলা হয়। কেলাস-জলের বাষ্পচাপ বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপ অপেক্ষা কম হইলে এই ঘটনা ঘটে। যে-সকল কেলাস বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে অথচ শোষিত জলে দ্রবীভূত হয় না সেই সকল কেলাসকে জলাকর্ষী (hygroscopic) কেলাস বলা হয়।

কেলাস-জলের পরিমাণ নির্ণয় (Determination of water of crystallisation) : সাধারণত জ্ঞাত ওজনের সোদক কেলাসকে উত্তপ্ত করিয়া পুনরায় ওজন করা হয় এবং দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে কেলাস-জল নির্ণয় করা হয়। কিন্তু উত্তপ্ত করিবার সময় কিছু সাবধানতা অবলম্বন করিতে হয়। কিছু কিছু সোদক কেলাসকে প্রত্যক্ষভাবে বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। সেই সকল সোদক কেলাসকে পরোক্ষভাবে যথা, উত্তপ্ত বায়ুর প্রবাহে বায়ু উনানে (air oven), ধীরে ধীরে অনার্দ্র করা হয়।

$CaCl_2$, $6H_2O$; $BaCl_2$, $2H_2O$ ইত্যাদি লবণের কেলাসকে প্রত্যক্ষভাবে উত্তপ্ত করিলে কোনও রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না কিন্তু $MgCl_2$, $6H_2O$; $FeSO_4$, $7H_2O$; $MgSO_4$, $7H_2O$; $ZnSO_4$, $7H_2O$ ইত্যাদি লবণের কেলাস প্রত্যক্ষ উত্তাপ প্রয়োগে রাসায়নিকভাবে পরিবর্তিত হইয়া যায়।

উদাহরণস্বরূপ : $MgCl_2, 6H_2O \rightarrow MgCl_2, H_2O$

$$2MgCl_2, H_2O \rightarrow MgO, MgCl_2 + 2HCl$$

পরীক্ষা : ঢাকনাসহ একটি পোর্সেলিন মুচিকে ভাল করিয়া পাতিত জলে ধৌত করা হয় এবং উত্তপ্ত করিয়া শোষকাধারে (desicator) শীতল করা হয়। মুচিটির ওজন যতক্ষণ না স্থির হয় ততক্ষণ এই প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি করা হয়। অতঃপর এক গ্রামের (1 gm) কাছাকাছি সোদক কেলাসের গুঁড়া মুচিটির মধ্যে লওয়া হয় এবং ঢাকনাসহ মুচিটি পুনরায় ওজন করা হয়। এইবার কেলাসের প্রকৃতি অনুসারে প্রত্যক্ষ অথবা পরোক্ষভাবে মুচিটি উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপ

প্রয়োগের সময় মুচিটিকে সামান্য উন্মুক্ত রাখিতে (ঢাকনা সামান্য সরাইয়া) হয় যাহাতে জলীয় বাষ্প বহির্গত হইবার পথে কোনও অসুবিধা না হইতে পারে। এইভাবে 20-25 মিনিট ধরিয়া উত্তপ্ত করিবার পর শোষাকাধারে মুচিটিকে শীতল করা হয়। অনার্দ্র কেলাসসহ মুচিটির ওজন যতক্ষণ না স্থির হয় ততক্ষণ এই প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি করা হয়।

গণনা : ধরা যাক, ঢাকনাসহ মুচিটির ওজন $=W$ গ্রাম

সোদক কেলাসসহ ঢাকনাসমেত মুচির ওজন $=W_1$ গ্রাম

অনার্দ্র কেলাসসহ ঢাকনাসমেত " " $=W_2$ গ্রাম

সুতরাং, ব্যবহৃত সোদক কেলাসের পরিমাণ $=(W_1-W)$ গ্রাম

এবং কেলাস জলের পরিমাণ $=(W_1-W_2)$ গ্রাম

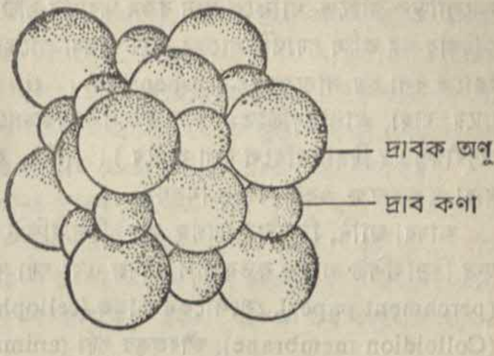
$\therefore$ সোদক কেলাসটিতে কেলাস জলের শতকরা পরিমাণ $=\dfrac{W_1-W_2}{W_1-W}\times 100$

সাধারণত 100°C তাপমাত্রায় সোদক কেলাসগুলি কেলাস জল পরিত্যাগ করে। কিছু কিছু কেলাস উচ্চতর উষ্ণতায় কেলাস জল ত্যাগ করে। সেই সকল ক্ষেত্রে অতিরিক্ত উত্তাপ প্রয়োগ করিতে হয়। তবে লক্ষ্য রাখিতে হইবে সোদক কেলাসটির যেন রাসায়নিক পরিবর্তন না হয়। অর্থাৎ কেলাসের প্রকৃতি অনুসারে প্রয়োজনীয় উষ্ণতা বৃদ্ধি প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ উত্তাপ প্রয়োগের দ্বারা করা হয়।

প্রকৃত দ্রবণের সৃষ্টি-কৌশল (Mechanism of formation of true solution) : জলীয় দ্রবণে দ্রাব দুই প্রকার হইতে পারে : (i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (electrolyte) অথবা ধ্রুবীয় (polar) এবং (ii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য নয় এমন পদার্থ (non-electrolyte)। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ধ্রুবীয় পদার্থগুলি এক প্রক্রিয়ায় জলে দ্রবীভূত হইয়া প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি করে, আবার তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ধ্রুবীয় নয় এমন পদার্থগুলি অন্য এক উপায়ে জলে দ্রবীভূত হয়। উভয়ক্ষেত্রেই দ্রাবের অণুগুলি অথবা আয়নগুলি দ্রাবকের আন্তরাণবিক ফাঁকের (Inter molecular space) মধ্যে প্রবেশ করে। অন্যভাবে বলিতে গেলে, দ্রাবক অণু দ্রাব কণা অথবা আয়ন-গুলিকে ঘিরিয়া ফেলে। ইহা সম্ভব, কারণ দ্রাবের অণুগুলির বা আয়নগুলির ব্যাস 10^{-7}cm-10^{-8}cm-এর মধ্যে। ইহা জলের আন্তরাণবিক ফাঁকের ব্যাস হইতে অনেক কম। দ্রাবের কণাগুলি দ্রাবকের আন্তরাণবিক ফাঁকের অভ্যন্তরে সমমাত্রায় (uniformly) ঢুকিয়া যাওয়ার ফলে দ্রবণ সমসত্ত্ব হয়।

এখন দেখা যাক, তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য (non-electrolyte) কঠিন পদার্থের জলীয় দ্রবণ কিভাবে হয়। আমরা জানি প্রত্যেক তরলের অণুগুলি সততই বিভিন্ন দিকে গতিশীল অবস্থায় থাকে (Brownian motion)। সুতরাং, জলের অণুগুলিও এই-ভাবে গতিশীল থাকে। জলে যখন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য নয় এমন কোন কঠিন পদার্থ যোগ করা হয় তখন জলের অণুগুলি গতিশীল অবস্থায় কঠিন পদার্থটিকে আঘাত করে। বারংবার আঘাতের ফলে কঠিন পদার্থের অণুগুলি পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন

হইয়া যায় এবং অতি ক্ষুদ্রাকার (10^{-7}cm-10^{-8} cm ব্যাসযুক্ত) ধারণ করিয়া জলে সমসত্বভাবে মিশিয়া যাইয়া প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি করে অর্থাৎ সমমাত্রায় জলের আন্তরাণবিক ফাঁকে প্রবেশ করিয়া সমসত্ব মিশ্রণ বা প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি করে। পাশের চিত্র হইতে ইহা স্পষ্ট হইবে (চিত্র 8.3)।

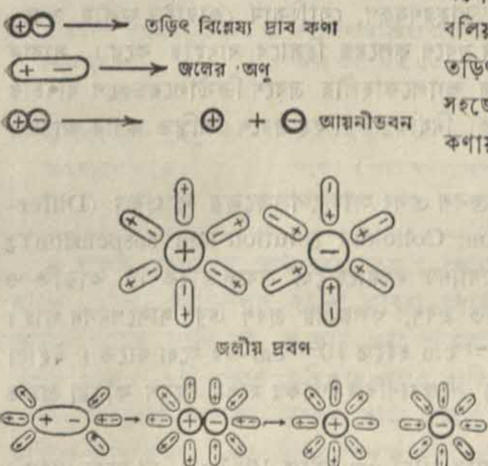


চিত্র 8.3

এইবার দেখা যাক, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ অথবা ধ্রুবীয় পদার্থ কিভাবে জলে দ্রবীভূত হয়। আমরা জানি জল একটি পোলার দ্রাবক। পোলার দ্রাবকের ডাইলেকট্রিক ধ্রুবক (dilectric constant) অনেক বেশি হয়। তাই জলেরও ডাইলেকট্রিক ধ্রুবক (dilectric constant) অনেক বেশি। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থে অথবা ধ্রুবীয় পদার্থে পরা এবং অপরাতড়িৎ-ধর্মী কণা স্থির তড়িৎ আকর্ষণে আবদ্ধ হইয়া থাকে। যদি একটি কণার আধান $+q_1$ ও অন্য কণার আধান $-q_2$ হয়, এবং যদি ইহাদের মধ্যে দূরত্ব r cm ও আকর্ষণ বল F ডাইন হইয়া থাকে, তাহা হইলে কুলম্বের সূত্রানুযায়ী

$$F=\frac{1}{d}\,\frac{q_1q_2}{r_2}$$ যখন d=মাধ্যমের ডাইলেকট্রিক ধ্রুবক (dilectric constant)।

জলের ক্ষেত্রে d-এর মান অধিক বলিয়া F-এর মান কম। ফলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা ধ্রুবীয় পদার্থটি সহজেই বিপরীত তড়িদাধানযুক্ত ক্ষুদ্র কণায় ভাঙিয়া যায়। অতঃপর এই ক্ষুদ্র কণাগুলিকে জলের অণু বিপরীত আধানযুক্ত দিক (যেহেতু জল পোলার) দিয়া ঘিরিয়া ফেলে। এইভাবে একটি সমসত্ব মিশ্রণ অর্থাৎ প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি হয়। পাশের চিত্রদ্বারা ইহা ভালভাবে বুঝা যাইবে (চিত্র 8.4)।



চিত্র 8·4

কলয়ডীয় দ্রবণ

এই অধ্যায়ের প্রথমে আমরা দেখিয়াছি যে, জলে কঠিন পদার্থ যোগ করিয়া আলোড়িত করিতে থাকিলে তিন রকম অবস্থার সৃষ্টি হইতে পারে : (i) আলোড়িত করিবার পর কঠিন পদার্থটি পাত্রের নীচে অথবা পাত্রের উপরে জমা হইতে পারে। ইহাকে বলা হয় সাসপেনসন (suspension)। (ii) কলয়ডীয় দ্রবণ সৃষ্টি হইতে পারে যাহা আপাতদৃষ্টিতে সমসত্ত্ব হইলেও প্রকৃতপক্ষে সমসত্ত্ব নহে। (শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্র দিয়া দেখিলে বুঝা যাইবে)। (iii) প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি হইতে পারে যাহা প্রকৃতপক্ষে একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ।

আমরা জানি, ফিলটার কাগজ ক্ষুদ্র ছিদ্রবিশিষ্ট একপ্রকার কাগজ। এইরূপ ক্ষুদ্র ছিদ্রবিশিষ্ট আরও কতকগুলি কাগজ এবং পর্দা আছে। যথা, পার্চমেন্ট কাগজ (perchment paper), সেলোফেন কাগজ (cellophane paper), কলয়ডীয়ন পর্দা (Colloidion membrane), জীবজন্তুর পর্দা (animal bladder) ইত্যাদি।

টমাস গ্রাহাম (1861) দেখেন যে, জলে দ্রবীভূত অবস্থায় কতকগুলি কঠিন দ্রাবের দ্রাবকণা পার্চমেন্ট কাগজ, জীবজন্তুর পর্দার ছিদ্র অতি সহজে অতিক্রম করিতে পারে। আবার কতকগুলি কঠিন দ্রাবের দ্রাবকণা এই সকল পর্দার ছিদ্র অতিক্রম করিতে পারে না অথবা পারিলেও খুব মন্থর গতিতে অতিক্রম করে। তিনি ইহাও লক্ষ্য করেন যে, প্রথমোক্ত দ্রাবগুলির কঠিন অবস্থায় নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বর্তমান। তিনি ইহাদের নাম দেন **ক্রিস্টালয়েড**। দ্বিতীয় প্রকার দ্রাবগুলি অধিকাংশ ক্ষেত্রে আঠার ন্যায়। তিনি ইহাদের নাম দেন **কলয়েড** (Colloid=আঠা)। তবে বর্তমানে এই শ্রেণীবিভাগ স্বীকার করা হয় না। একই পদার্থ দুইটি দ্রাবকের একটিতে ক্রিস্টালয়েডরূপে এবং অন্যটিতে কলয়েডরূপে আত্মপ্রকাশ করিতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, সোডিয়াম ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে ক্রিস্টালয়েড হিসাবে এবং বেঞ্জিন দ্রবণে কলয়েড হিসাবে ব্যবহার করে। সাবান জলীয় দ্রবণে কলয়েডরূপে কিন্তু অ্যালকোহলীয় দ্রবণে ক্রিস্টালয়েডরূপে ব্যবহার করে। বর্তমানে ইহাদের পার্থক্য নির্ধারণ করা হয় দ্রবণে উপস্থিত কণার আয়তন অনুসারে।

প্রকৃত দ্রবণ, কলয়ডীয় দ্রবণ এবং সাসপেনসনের পার্থক্য (Difference between True solution, Colloidal solution and suspension) : বর্তমানে পরীক্ষার দ্বারা ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, দ্রবণে দ্রাবকণার আকৃতি ও আয়তন অনুসারে আমরা প্রকৃত দ্রবণ, কলয়ডীয় দ্রবণ এবং সাসপেনসন পাই। প্রকৃত দ্রবণে দ্রাবকণার ব্যাস 10^{-7} cm হইতে 10^{-8} cm-এর মধ্যে থাকে। ইহারা এত ক্ষুদ্র যে, দ্রাবকের (জলের) আন্তরাণবিক ফাঁকের মধ্যে প্রবেশ করিয়া প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি করে।

কলয়ডীয় দ্রবণে দ্রাবকণার ব্যাস 10^{-7} cm হইতে 10^{-5} cm-এর মধ্যে থাকে। ইহার আয়তন অপেক্ষাকৃত বৃহৎ বলিয়া দ্রাবকের আন্তরাণবিক ফাঁকের মধ্যে

প্রবেশ করিতে পারে না কিন্তু কণাগুলি বেশি ভারি নয় বলিয়া পাত্রের নীচে জমিয়া যায় না অথবা খুব হাল্কা নয় বলিয়া দ্রাবকের উপরে ভাসিয়া উঠে না। দ্রাবকের উর্ধ্বচাপ (প্লবতা) এবং দ্রাবকণার ওজন প্রায় সমান থাকে বলিয়া কণাগুলি সমগ্র দ্রাবকের মধ্যে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে কণাগুলিকে দ্রাবকে প্রলম্বিত অবস্থায় দেখা যায়। এই কারণেই ইহা অসমসত্ত্ব (heterogenous)। কলয়ডীয় দ্রবণে দ্রাবকে **বিস্তৃত অবস্থা** (despersed phase) এবং দ্রাবককে **বিস্তৃতি মাধ্যম** (despersing medium) বলা হয়।

সাসপেনসন (Suspension)-এ দ্রাবকণাগুলির ব্যাস 10^{-5} cm হইতে বৃহৎ। ইহারা এত বড় যে, দ্রাবকের আন্তরাণবিক ফাঁকে প্রবেশ করার প্রশ্নই উঠে না। তাহা ছাড়া ইহাদের ওজন দ্রাবকের প্লবতা অপেক্ষা বেশি হইলে ইহারা দ্রবণের নীচে জমিয়া যায় অথবা ইহাদের ওজন দ্রাবকের প্লবতা অপেক্ষা কম হইলে দ্রাবকের উপরে ভাসিয়া উঠে।

নিম্নে পার্থক্যগুলি সারণী আকারে দেওয়া হইল :

প্রকৃত দ্রবণ	কলয়ডীয় দ্রবণ	সাসপেনসন
1. দ্রাবকণার ব্যাস 10^{-7}cm-10^{-8} cm।	1. দ্রাবকণার ব্যাস 10^{-7} cm-10^{-5} cm।	1. দ্রাবকণার ব্যাস 10^{-5}-এর উর্ধ্বে।
2. দ্রাবকণাগুলি খালি চোখে অথবা আলট্রামাইক্রোস্কোপে দেখা যায় না।	2. দ্রাবকণাগুলি খালি চোখে দেখা যায় না কিন্তু আলট্রামাইক্রোস্কোপে দেখা যায়।	2. দ্রাবকণা খালি চোখে এবং অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা যায়।
3. ইহা সমসত্ত্ব মিশ্রণ।	3. ইহা অসমসত্ত্ব মিশ্রণ।	3. ইহা অসমসত্ত্ব মিশ্রণ।
4. দ্রাবকণা কখনও অধঃক্ষিপ্ত হয় না।	4. দীর্ঘদিন রাখিয়া দিলে দ্রাবকণা অধঃক্ষিপ্ত হয়।	4. অল্পক্ষণ পরে দ্রাবকণা অধঃক্ষিপ্ত অথবা উৎক্ষিপ্ত হয়।
5. দ্রাবকণাগুলি অণু বা আয়নরূপে থাকে।	5. দ্রাবকণাগুলি আধান বহন করে। (পরা অথবা অপরা-তড়িদাধান)।	5. দ্রাবকণার কোন আধান থাকে না।

[**প্রকৃত দ্রবণের আধুনিক তত্ত্ব :** আমরা জানি, কোন পদার্থের উপর আলো পড়িয়া প্রতিফলিত হইলে আমরা পদার্থটিকে দেখিতে পাই। আবার আমরা আরও জানি যে, আকার এবং আয়তনের উপর আলোকের প্রতিফলন নির্ভর করে। যদি কোন কণিকার ব্যাস প্রতিফলিত আলোকের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য (wave length) অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে কণিকাটি আলোক প্রতিফলিত করিতে পারিবে না। আর যদি কণিকার ব্যাস প্রতিফলিত আলোকের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি হয় তাহা হইলে উহা প্রতিফলিত হইবে এবং আমাদের দৃষ্টিগোচর হইবে। প্রকৃত দ্রবণের ক্ষেত্রে দ্রাবকণার ব্যাস আপতিত আলোকরশ্মির তরঙ্গ-

দৈর্ঘ্য অপেক্ষা কম বলিয়া দ্রবণে উহারা দৃষ্টিগোচর হয় না। অপরপক্ষে, কলয়ডীয় কণা এবং সাসপেনসনের দ্রাবকণার ব্যাস আপতিত আলোক-রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি বলিয়া উহা প্রতিফলিত অথবা বিক্ষিপ্ত প্রতিফলিত হইয়া হয় খালি চোখে অথবা অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে আমাদের দৃষ্টিগোচর হয়।

'আন্তরাণবিক ফাঁক' তত্ত্ব দ্বারা প্রকৃত দ্রবণের সব ঘটনা ব্যাখ্যা করা যায় না। কিন্তু এই তত্ত্বের দ্বারা অধিকাংশ ঘটনা ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন, একটি লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে অপর একটি লবণ যোগ করিলে দ্রাবকটি উহার দ্বারা সম্পৃক্ত না হওয়া পর্যন্ত দ্রবীভূত হইবে। সম্পৃক্ত দ্রবণে কোনও আন্তরাণবিক ফাঁক না থাকার কথা। সুতরাং দ্বিতীয় লবণ দ্রবীভূত না হওয়াই উচিত। কিন্তু ইহা দ্রবীভূত হয়। দ্রাবকণার আয়তন নির্দেশক আলোক-প্রতিফলনের পরীক্ষালব্ধ তথ্যের সাহায্যে ইহা ব্যাখ্যা করা যায়। এই ক্ষেত্রে দ্রাবের পরিমাণ যাহাই হউক না কেন উহাদের ব্যাস অতি ক্ষুদ্র হওয়ায় আপতিত আলোককে প্রতিফলিত বা বিক্ষিপ্ত প্রতিফলিত করিতে পারে না এবং আমাদের দৃষ্টিগোচর হয় না। অর্থাৎ প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি হয়।]

কলয়ডীয় দ্রবণের সংজ্ঞা : যে-দ্রবণে দ্রাবকণাগুলির ব্যাস 10^{-5} cm-10^{-7} cm-এর মধ্যে, যাহাকে খালি চোখে সমসত্ত্ব মনে হইলেও অতি শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখিলে অসমসত্ত্ব দেখায় এবং যে-দ্রবণে দ্রাবকণাগুলি সমগ্র দ্রাবক ব্যাপিয়া প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে, সেই দ্রবণকে কলয়ডীয় দ্রবণ বলে।

বিভিন্ন প্রকার কলয়ডীয় দ্রবণ : কলয়ডীয় দ্রবণ কেবলমাত্র কঠিন দ্রাব এবং তরল দ্রাবক লইয়া গঠিত হইবে তাহা নহে। কোনও গ্যাস অন্য কোন গ্যাসের সহিত মিশিয়া কলয়ডীয় দ্রবণ দেয় না, তাহা ছাড়া বিভিন্ন দ্রাব এবং দ্রাবক লইয়া কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা সম্ভব। নিম্নে বিভিন্ন কলয়ডীয় দ্রবণের উদাহরণ দেওয়া হইল :

দ্রাব	দ্রাবক	উদাহরণ
কঠিন	কঠিন	মূল্যবান পাথর (চুনী, পান্না ইত্যাদি) ধাতু সংকর
কঠিন	তরল	সাবান জল, গন্ধকের কলয়ডীয় দ্রবণ, পেন্ট (Paint)
কঠিন	গ্যাস	ধোঁয়া, NH_4Cl বাষ্প
তরল	কঠিন	চিজ্ (cheese), জেলি (jelly), মাখন
তরল	তরল	তেল ও জলের ইমালসন, দুধ
তরল	গ্যাস	কুয়াসা
গ্যাস	কঠিন	পিউমিক পাথর অন্তর্ধৃত গ্যাস
গ্যাস	তরল	ফেনা (সাবানের ফেনা)
গ্যাস	গ্যাস	—

কলয়ডীয় দ্রবণের প্রস্তুতি ঃ আমরা পূর্বেই জানিয়াছি যে, কোন পদার্থের কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে দ্রাবকণার ব্যাস 10^{-7} cm – 10^{-5} cm-এর মধ্যে হইতে হইবে। এখন কোন দ্রাবকণার ব্যাস যদি ইহা অপেক্ষা ক্ষুদ্র হয় তাহা হইলে একাধিক কণা যুক্ত করিলে তাহাই কলয়েড কণার আকার ধারণ করিবে। আবার যদি কোন দ্রাবের কণার আকার উল্লিখিত ব্যাসের মান হইতে বৃহত্তর হয় তাহা হইলে দ্রাবকণাকে ভাঙিয়া ক্ষুদ্রতর করিয়া কলয়েড কণার আয়তনে লইয়া যাইতে হইবে। যে-সকল বিভিন্ন পদ্ধতিতে কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় তাহাদের প্রত্যেকটিতে উল্লিখিত পদ্ধতি দুইটির যে-কোন একটি প্রয়োগ করা হয়। যে-সকল পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলেই কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যায় সেই সকল ক্ষেত্রে দ্রাব-কণার আকার এবং আয়তন কলয়েড কণার আকার এবং আয়তনের সমান হয়। সুতরাং, এই ক্ষেত্রে কোনও বিশেষ পদ্ধতির প্রয়োগের প্রয়োজন নাই। ইহাদিগকে জলে মিশ্রিত করিলেই কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। যেমন, সাবান জলে মিশ্রিত করিলেই সাবানের কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই ক্ষেত্রে দ্রবণে সাবানের দ্রাবকণার আয়তন কলয়েড কণার আয়তনের সমান। কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে যে-পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয় তাহা নিম্নে বর্ণিত হইল। সাধারণত দুই প্রকার পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় ঃ (i) বিক্ষেপণ (dispersion), (ii) সমষ্টি-করণ (condensation)।

(i) বিক্ষেপণ ঃ (a) যান্ত্রিক পদ্ধতি (Mechanical dispersion) ঃ যন্ত্রচালিত যাঁতাকলের সাহায্যে দ্রাব পদার্থকে গুঁড়া করিয়া কলয়েড কণার আয়তনে আনা হয়। অতঃপর উহাকে জলে মিশ্রিত করিলে কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। যেমন, শক্ত এক টুকরা মাটিকে যান্ত্রিক পদ্ধতিতে চূর্ণ করিয়া জলের সহিত মিশ্রিত করিলে মাটির কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যাইবে।

জলে খানিকটা তেল লইয়া কিছুক্ষণ ধরিয়া ঝাঁকাইলে তেলের কলয়ডীয় দ্রবণ তৈয়ারী হইবে। ঝাঁকানোর ফলে তেলের বড় অণুগুলি ভাঙিয়া কলয়ডীয় অণুর আকার ধারণ করে এবং কলয়ডীয় দ্রবণ সৃষ্টি করে।

(b) বৈদ্যুতিক পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে প্রথমে বিক্ষেপণ এবং পরে সংযোজন ঘটে। একটি পাত্রে জল লইয়া তাহাতে সামান্য কস্টিক পটাশ যোগ করিতে হয়। এইবার যে-ধাতুর কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে সেই ধাতু-নির্মিত দুইটি তড়িৎ-দ্বার এই কস্টিক পটাশ মিশ্রিত জলে নিমজ্জিত করিয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠান হয়। ইহার ফলে ধাতু প্রথমে ক্ষুদ্র কণায় বিভক্ত হইয়া এবং পরে জলে মিশ্রিত হইয়া ধাতুটির কলয়ডীয় দ্রবণ সৃষ্টি করে। এই পদ্ধতি দ্বারা গোল্ড, প্লাটিনাম, সিলভার প্রভৃতি



চিত্র 8.5 ব্রেডিগ পদ্ধতি

ধাতুর কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। এই পদ্ধতির আবিষ্কর্তা বিজ্ঞানী ব্রেডিগ (Bredig)। তাঁহার নামানুসারে এই পদ্ধতির নাম **ব্রেডিগ পদ্ধতি** (চিত্র 8.5)।

(c) দ্রাবক বিনিময় পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি মৌলের কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। সালফার অথবা ফসফরাসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণকে হঠাৎ অতিরিক্ত জলে যোগ করিয়া উহাদের কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। এই প্রসঙ্গে মনে রাখা দরকার যে, প্রথম দ্রাবকটিকে দ্বিতীয় দ্রাবকে দ্রাব্য (soluble) হইতে হইবে।

(d) পেপটাইজেসন পদ্ধতি বা পরিপচন পদ্ধতি (Peptisation) ঃ অনেক সময় দেখা যায়, সদ্য অধঃক্ষিপ্ত কঠিন পদার্থকে জল দিয়া আলোড়িত করিলে পদার্থটির কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই সকল ক্ষেত্রে কঠিন পদার্থটির কলয়ডীয় আয়তনের কণাগুলি পরস্পর খুব দুর্বল আকর্ষণ বল দ্বারা যুক্ত থাকে। জলে মিশ্রিত করিলে কণাগুলি পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় এবং কলয়ডীয় দ্রবণ সৃষ্টি করে। আবার ইহাও দেখা যায় যে, একটি তৃতীয় পদার্থের উপস্থিতি এইরূপ কলয়ডীয় দ্রবণের স্থায়িত্ব দীর্ঘতর করে। এই ঘটনাকে পেপটাইজেসন (peptisation) এবং তৃতীয় পদার্থটিকে পেপটাইজার (peptiser) বা পরিপাচক বলা হয়। যেমন, সদ্য অধঃক্ষিপ্ত $Fe(OH)_3$-এর (ফেরিক হাইড্রক্সাইড) সহিত সামান্য $FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড) মিশাইয়া জলের সহিত আলোড়িত করিলে বাদামী বর্ণের $Fe(OH)_3$-এর কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এখানে $FeCl_3$ পেপটাইজার।

সমষ্টিকরণ পদ্ধতি (Condensation) ঃ এই পদ্ধতির ভিত্তি হইল ক্ষুদ্র অণু অথবা আয়নকে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত করিয়া কলয়েড কণার আয়তনের (10^{-7} cm-10^{-8} cm) সমান আয়তনবিশিষ্ট করা এবং কলয়েড দ্রবণ প্রস্তুত করা। এই প্রক্রিয়া বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা সংগঠিত হয়। যথা,

(a) জারণ (Oxidation) ঃ হাইড্রোজেন সালফাইডের (H_2S) জলীয় দ্রবণের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) গ্যাস অথবা অক্সিজেন গ্যাস (O_2) পরিচালনা করিলে সালফারের কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত হইবে।

$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

$$2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$$

(b) বিজারণ (Reduction) ঃ সিলভার (Ag) গোল্ড (Au), প্লাটিনাম (Pt) প্রভৃতি ধাতুর কলয়ডীয় দ্রবণ এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। ইহাদের যৌগের জলীয় দ্রবণে ফরমালডিহাইড (HCHO) অথবা হাইড্রাজিন (N_2H_4) যোগ করিলে যৌগ ধাতুতে বিজারিত হইয়া ধাতুর কলয়ডীয় দ্রবণ সৃষ্টি করে।

$$2AuCl_3+3HCHO+3H_2O=2Au+6HCl+3HCOOH$$

$$4AuCl_3+3N_2H_4=4Au+12HCl+3N_2$$

(c) আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis) ঃ ফুটন্ত জলে $FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)-এর লঘু দ্রবণ যুক্ত করিয়া কিছুক্ষণ তাপ প্রয়োগ করিলে $Fe(OH)_3$

(ফেরিক হাইড্রক্সাইড)-এর কলয়ডীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এইভাবে $Al(OH)_3$ (অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড)-এর কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3 + 3HCl$$

$$AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$$

(d) **বিপরিবর্ত বা বিনিময় বিক্রিয়া (Double decomposition) :** আরসেনিয়াস অক্সাইডের (As_2O_3) লঘু জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করিলে আরসেনিয়াস সালফাইডের (As_2S_3) কলয়ডীয় দ্রবণ সৃষ্টি হয়।

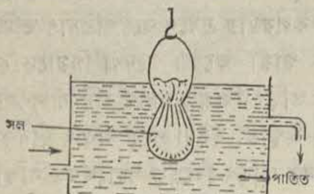
$$As_2O_3 + 3H_2S = As_2S_3 + 3H_2O$$

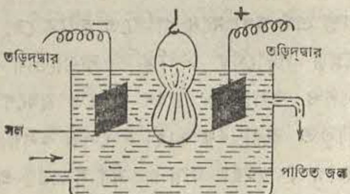
কলয়ডীয় দ্রবণের বিশোধন (Purification of colloidal solution) : কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুতির সময় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ এবং অন্যান্য দ্রাব পদার্থ অশুদ্ধি হিসাবে থাকিয়া যায়। ইহা পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, যদি কোন কলয়ডীয় দ্রবণে মাত্রাতিরিক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে কলয়ডীয় দ্রবণটি ক্ষণস্থায়ী হইয়া যায়। (দ্রাবকণা বিস্তৃতি মাধ্যম হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয়) অবশ্য এই কথা মনে রাখিতে হইবে যে, কোনও কলয়ডীয় দ্রবণে স্বল্প পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উপস্থিতি কলয়ডীয় দ্রবণকে স্থায়ী করে। দেখা গিয়াছে যে, কোনও কলয়ডীয় দ্রবণ হইতে দ্রবণে উপস্থিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যদি সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা হয় তাহা হইলেও কলয়ডীয় দ্রবণ অস্থায়ী হইয়া পড়ে অর্থাৎ দ্রাবকণা অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। সব সময়েই প্রয়োজন মত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উপস্থিতি কলয়ডীয় দ্রবণের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করে। যদি কোন কলয়ডীয় দ্রবণে মাত্রাতিরিক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ উপস্থিত থাকে, কলয়ডীয় দ্রবণটির স্থায়িত্ব বৃদ্ধির জন্য অতিরিক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ একটি বিশেষ পদ্ধতিতে অপসারিত করা হয়। এই পদ্ধতির নাম ঝিল্লী বিশ্লেষণ বা ডায়ালিসিস (dialysis)।

ঝিল্লী বিশ্লেষণ (Dialysis) : আমরা জানি কলয়ডীয় আয়তনের কণাগুলি সাধারণ ফিল্টার কাগজের ছিদ্র অতিক্রম করিতে পারিলেও পার্চমেন্ট কাগজ (parchment paper) অথবা সেলোফেন কাগজ (cellophane paper) অথবা জীবজন্তুর থলির পর্দা (animal bladder) ইত্যাদির ছিদ্র অতিক্রম করিতে পারে না। অপর পক্ষে ছোট আয়নগুলি ইহাদের ছিদ্র অতিক্রম করিতে পারে। যদি এই ধরনের কোন পর্দার সাহায্যে নির্মিত থলিতে কলয়ডীয় দ্রবণ রাখিয়া থলির মুখ ভালভাবে বাঁধিবার পর একটি পাত্রে পাতিত জল লইয়া তাহার মধ্যে ঝুলাইয়া রাখা হয়, তাহা হইলে কলয়ডীয় দ্রবণ হইতে অতিরিক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের আয়নগুলি (ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়ন) পর্দায় ছিদ্র দিয়া বহিঃস্থ জলে চলিয়া যাইবে এবং কলয়ডীয় দ্রবণটি বিশুদ্ধ হইবে। এই ঝিল্লী বিশ্লেষণ এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করিতে হইবে যাহাতে সমস্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ কলয়ডীয় দ্রবণ হইতে বাহির হইয়া না যায়। অন্যথায় কলয়ডীয় দ্রবণটি অস্থায়ী হইয়া যাইবে। ঝিল্লী বিশ্লেষণের গতি বৃদ্ধি করিবার জন্য বিভিন্ন কৌশল প্রয়োগ করা হয়। যদি শীতল জলের পরিবর্তে

উষ্ণ জল ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে ঝিল্লী বিশ্লেষণের গতিবৃদ্ধি হইবে। বদ্ধ জলের পরিবর্তে জলপ্রবাহ ব্যবহার করিলেও ঝিল্লী বিশ্লেষণের গতি বাড়িবে। আবার যদি বহিঃস্থিত জলের মধ্যে দুইটি তড়িৎ-দ্বার বসাইয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হয় তাহা হইলে কলয়ডীয় দ্রবণে উপস্থিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্যাটায়ন (পরা-তড়িৎধর্মী) ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারের দিকে যাইবে এবং অ্যানায়ন (অপরা-তড়িৎধর্মী) ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারের দিকে গমন করিবে। এই পদ্ধতিকে বলা হয় **বৈদ্যুতিক ঝিল্লী বিশ্লেষণ** (electro-dialysis)। মনে রাখিতে হইবে বৈদ্যুতিক ঝিল্লী বিশ্লেষণের গতি সর্বাপেক্ষা বেশি। অবশ্য যদি দ্রবীভূত পদার্থটি সমযোজী হয় সেক্ষেত্রে বৈদ্যুতিক ঝিল্লী বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায় না।

সুতরাং **বিশেষ কতকগুলি পর্দার** (পার্চমেন্ট কাগজ, সেলোফেন কাগজ, কলডীয়ন পর্দা, জীবজন্তুর থলি) **সাহায্যে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় কলয়ডীয় দ্রবণ হইতে মাত্রাতিরিক্ত ক্রিস্টালয়েড পদার্থ অপসারিত করিবার পদ্ধতিকে বলা হয় ঝিল্লী বিশ্লেষণ বা ডায়ালিসিস (dialysis)** (চিত্র 8.6)।





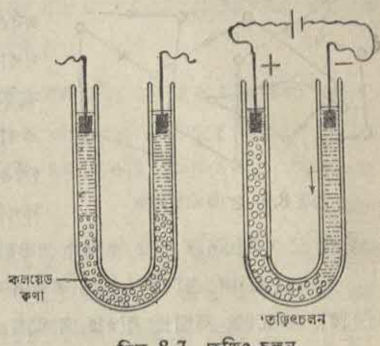
চিত্র 8.6 ঝিল্লী বিশ্লেষণ

কলয়ডীয় দ্রবণের ধর্ম (Properties of calloidal solution) :

বর্ণ : বিভিন্ন আকার এবং আয়তন অনুসারে একই পদার্থের কলয়ডীয় দ্রবণের বিভিন্ন বর্ণ দেখা যায়। দ্রবণে বিস্তৃত অবস্থায় দ্রাবকণার ব্যাসের বিভিন্নতার জন্য গোল্ড বা সোনার বিভিন্ন বর্ণের কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। যেমন—লাল, নীল, বেগুনি বর্ণের।

অধিশোষণ (Adsorption) : আমরা পূর্বেই জানিয়াছি যে, কলয়ডীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উপস্থিতি কলয়ডীয় দ্রবণের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করে। পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, কলয়ডীয় দ্রবণে কলয়েড কণাগুলি দ্রবণে উপস্থিত আয়নকে (ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন) **অধিশোষণ** করে অর্থাৎ কলয়েড কণাগুলির বাহিরের গায়ে আয়নগুলি লাগিয়া থাকে। এই কারণে কোন কোন কলয়েড কণা ধনাত্মক তড়িদাধান যুক্ত হয় এবং কোন কোন কলয়েড কণা ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$ প্রভৃতি কলয়েড কণা ধনাত্মক আয়ন অধিশোষণ করিয়া ধনাত্মক আধানযুক্ত হয়। গোল্ডের কলয়েড কণা বা As_2S_3-এর কলয়েড কণা ঋণাত্মক আয়ন অধিশোষণ করিয়া ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়।

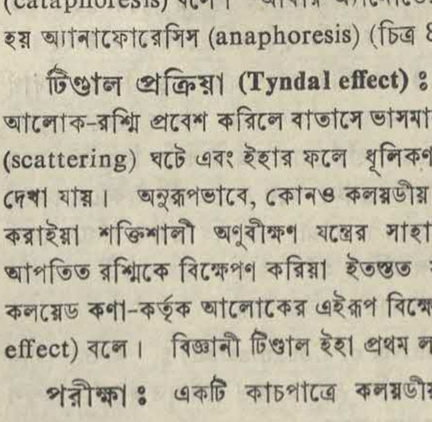
তড়িৎ-চলন (Electrophoresis) : আমরা জানিতে পারিয়াছি যে, কলয়েড কণা দ্রবণ হইতে আয়ন অধিশোষণ করিয়া পরা অথবা অপরা-তড়িৎ দ্বারা আহিত অবস্থায় থাকে। সুতরাং যদি কোন কলয়ডীয় দ্রবণে দুইটি তড়িৎ-দ্বার প্রবেশ করাইয়া বিদ্যুৎ পরিচালিত করা হয় তাহা হইলে কলয়েড কণাগুলি হয় ক্যাথোডের দিকে অথবা অ্যানোডের দিকে গমন করিবে। কলয়েড কণার এই ধর্মকে **তড়িৎ-চলন** (electrophoresis) বলা হয়। কলয়েড কণা যদি ক্যাথোডের দিকে গমন করে তাহা হইলে সেই গমনকে ক্যাটাফোরেসিস (cataphoresis) বলে। আবার অ্যানোডের অভিমুখে গমন করিলে তাহাকে বলা হয় অ্যানাফোরেসিস (anaphoresis) (চিত্র 8.7)।



চিত্র 8.7 তড়িৎ-চলন

টিণ্ডাল প্রক্রিয়া (Tyndal effect) : অন্ধকার ঘরে কোনও ছিদ্র দিয়া আলোক-রশ্মি প্রবেশ করিলে বাতাসে ভাসমান ধূলিকণা-কর্তৃক আলোকের বিক্ষেপণ (scattering) ঘটে এবং ইহার ফলে ধূলিকণাকে ইতস্তত বিক্ষিপ্ত অবস্থায় গতিশীল দেখা যায়। অনুরূপভাবে, কোনও কলয়ডীয় দ্রবণের মধ্যে আলোক-রশ্মি প্রবেশ করাইয়া শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে লক্ষ্য করিলে, কলয়েড কণাগুলি আপতিত রশ্মিকে বিক্ষেপণ করিয়া ইতস্তত সঞ্চরমাণ অবস্থায় দৃষ্টিগোচর হইবে। কলয়েড কণা-কর্তৃক আলোকের এইরূপ বিক্ষেপণকে **টিণ্ডাল প্রক্রিয়া** (Tyndal effect) বলে। বিজ্ঞানী টিণ্ডাল ইহা প্রথম লক্ষ্য করেন।

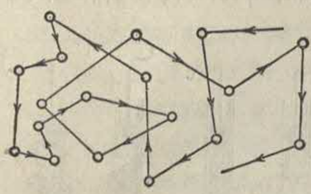
পরীক্ষা : একটি কাচপাত্রে কলয়ডীয় দ্রবণ (C) লইয়া উহাকে কালো কাগজের উপর বসান হয়। অতঃপর অভিসারী লেন্সের (L) সাহায্যে দ্রবণের মধ্যে শক্তিশালী আলোক-রশ্মি আপতিত করা হয়। এই অবস্থায় অণুবীক্ষণ যন্ত্রের (M) সাহায্যে লম্বভাবে দ্রবণটিকে লক্ষ্য করিলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কলয়েড কণাকে ইতস্তত বিক্ষিপ্তভাবে গমনাগমন করিতে দেখা যাইবে। কলয়েড কণা-কর্তৃক আলোকের বিক্ষেপণের ফলেই ইহা সম্ভবপর হইবে (চিত্র 8.8)।



চিত্র 8.8 টিণ্ডেল প্রক্রিয়া

ব্রাউনীয় গতি (Brownian motion) : শক্তিশালী অতি-অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে (ultra microscope) কলয়ডীয় দ্রবণকে লক্ষ্য করিলে কলয়েড কণা-

গুলিকে ইতস্তত বিক্ষিপ্তভাবে বিভিন্ন দিকে গতিশীল অবস্থায় দেখা যাইবে। কলয়েড কণার এইরূপ গতিকে বলা হয় ব্রাউনীয় গতি। সর্বপ্রথম বিজ্ঞানী রবার্ট ব্রাউন (1827) ফুলের পরাগরেণুকে জলে মিশ্রিত করিয়া অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে লক্ষ্য করেন যে, পরাগরেণুর কণাগুলি ইতস্তত বিক্ষিপ্তভাবে বিভিন্ন দিকে গতিশীল অবস্থায় থাকে। ইহার সহিত কলয়েড কণার গতির সাদৃশ্য থাকায় কলয়েড কণার এই গতিকে ব্রাউনীয় গতি আখ্যা দেওয়া হইয়াছে।



চিত্র 8.9 ব্রাউনীয় গতি

আমরা জানি, দ্রাবক (বিস্তৃতি মাধ্যম)-এর অণুগুলি গতিশীল। গতিশীল অবস্থায় ইহারা কলয়েড কণার সহিত সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। ইহার ফলে কলয়েড কণাগুলি গতিশীল হইয়া উঠে। আবার গতিশীল কলয়েড কণাগুলি নিজেদের মধ্যেও সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। ফলত, কলয়েড কণাগুলি বিক্ষিপ্তভাবে বিভিন্ন দিকে ছোটাছুটি করে। 8.9 নং চিত্রে একটি কলয়ডীয় কণার বিভিন্নমুখী গতি দেখান হইয়াছে।

তঞ্চন (Coagulation) : কোনও কলয়ডীয় দ্রবণে যদি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ করা হয় তাহা হইলে দেখা যায় যে, কলয়েড কণাগুলি মাধ্যম হইতে পৃথক হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হইতেছে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ করার ফলে বিস্তৃতি মাধ্যম হইতে কলয়েড কণার বিচ্ছিন্ন হওয়াকে **তঞ্চন** বলে। একটি বীকারে সামান্য ঘোলা জল (কাদামাটির কলয়ডীয় দ্রবণ) লইয়া ফটকিরি যোগ করিলে দেখা যাইবে কাদামাটি বীকারের তলায় অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। দুধ একটি কলয়ডীয় দ্রবণ। উহাতে লেবুর রস যোগ করিলে ছানা কাটিয়া যায়।

তঞ্চন কিভাবে ঘটে (Mechanism of Coagulation) : আমরা এখন জানিতে পারিয়াছি যে, কলয়ডীয় কণাগুলি দ্রাবের মধ্যে প্রলম্বিত হইয়া গতিশীল এবং সমতড়িৎ আধান দ্বারা আহিত অবস্থায় থাকে।

সমতড়িৎ আধান দ্বারা আহিত থাকার ফলে, গতিশীল অবস্থায় কণাগুলি যখন কাছাকাছি আসে তখন তাহারা বিকর্ষিত হয়। সুতরাং একাধিক কণা পরস্পর যুক্ত হইয়া বৃহদাকার কণা সৃষ্টি করিতে পারে না। অর্থাৎ উহারা কলয়েড কণার আকারেই থাকে। সুতরাং কলয়েড কণাগুলি সম তড়িদাধানে আহিত হওয়ার ফলে কলয়ডীয় দ্রবণের স্থায়িত্ব বজায় থাকে।

এখন বাহির হইতে কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ করিলে কলয়ডীয় কণাগুলি বিপরীত তড়িদাধানযুক্ত আয়নকে অধিশোষণ করিয়া প্রশম হয়। গতিশীল অবস্থায় প্রশম কণাগুলি যখন কাছাকাছি আসে তখন বিকর্ষণ বল না থাকার ফলে তাহারা পরস্পর যুক্ত হইয়া বৃহদাকার কণার সৃষ্টি করে। এই বৃহদাকার কণাগুলির ওজন বাড়িয়া যায় বলিয়া আর প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিতে পারে না, সুতরাং অধঃক্ষিপ্ত হয়, অর্থাৎ তঞ্চন ঘটে।

সুতরাং ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, কলয়ডীয় দ্রবণের স্থায়িত্ব কলয়ডীয় কণার আকার আয়তন এবং তড়িদাধানের উপর নির্ভরশীল।

তঞ্চনের ফলে উৎপন্ন বৃহদাকার কণার ওজন যদি জলের প্লবতা অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে উহারা দ্রাবের উপর ভাসিতে থাকে।

সল (Sol) : জলের মধ্যে কঠিন পদার্থের কলয়ডীয় দ্রবণকে সল বলা হয়।

ইমালসন (Emulsion) : কলয়েড কণা এবং মাধ্যম উভয়েই তরল হইলে তাহাকে ইমালসন বা অবদ্রব বলা হয়। যেমন, দুধ একটি ইমালসন। তেল এবং জলের কলয়ডীয় দ্রবণ একটি ইমালসন।

জেল (Gel) : অনেক সময় দেখা যায় যে, উচ্চ উষ্ণতায় উৎপন্ন সলকে শীতল করিলে উহা থকৃথকে কঠিন আকার ধারণ করে। ইহাকে জেল বলে। অধিক উষ্ণতায় ভাতের ফেন স্টার্চের সল। উহাকে শীতল করিলে উহা যে থকৃথকে কঠিন আকার ধারণ করে, তাহা জেল।

দ্রাব্যতা গুণফল : 'রাসায়নিক সাম্য' অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।

সমযোজী যৌগ সমযোজী দ্রাবকে দ্রাব্য কিন্তু ধ্রুবীয় দ্রাবকে সাধারণত দ্রবীভূত হয় না।

ব্যাখ্যা : আমরা জানি, ধ্রুবীয় বা পোলার দ্রাবকের অণুর মধ্যে তীব্র আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল। অপরপক্ষে সমযোজী দ্রাবক অণুর মধ্যে তুলনামূলকভাবে মৃদু আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল (Vander Waals force of attraction)। তাই পোলার দ্রাবকে সমযোজী দ্রাব যোগ করিলে দ্রাবকের অণুগুলি পরস্পরকে আকর্ষণ করিয়া একত্রিত থাকার ফলে দ্রাব অণুগুলিকে পরিত্যাগ করে। একটি উদাহরণ দিলে ইহা পরিষ্কার হইবে। ধরা যাক, জলে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড যোগ করা হইল। জল অণুর মধ্যে আকর্ষণ বল অধিকতর হওয়ায় জল অণুগুলি পরস্পর একত্রিত হইয়া কার্বন টেট্রাক্লোরাইড অণুকে পৃথক করিয়া দিবে। অর্থাৎ তরল দুইটি, দুইটি পৃথক স্তরে বিভক্ত হইয়া যাইবে।

সমযোজী দ্রাবকে সমযোজী দ্রাব যোগ করিলে উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। সমযোজী দ্রাব অণুর মধ্যে আকর্ষণ বল এবং সমযোজী দ্রাবক অণুর মধ্যে আকর্ষণ বল একই প্রকৃতির। তাই সমযোজী দ্রাবকে সমযোজী দ্রাব যোগ করিলে দ্রাব এবং দ্রাবক অণুর মধ্যেও একই প্রকার আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল হয়। অর্থাৎ দ্রাবটি দ্রবীভূত হইয়া যায়। ধরা যাক, কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে আয়োডিন যোগ করা হইল। আয়োডিন অণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বল এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড অণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বল একই প্রকৃতির বলিয়া কার্বন টেট্রাক্লোরাইড অণু এবং আয়োডিন অণুর মধ্যেও ঐ বল ক্রিয়াশীল হইবে। সুতরাং, আয়োডিন কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত হইবে।

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. নিম্নলিখিত তথ্য হইতে 20°C উষ্ণতায় পটাসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা নির্ণয় কর :

শূন্য খর্পরের ওজন=29·6 গ্রাম ; সম্পৃক্ত দ্রবণসহ খর্পরের ওজন=76·85 গ্রাম ; খর্পর ও শুষ্ক লবণের ওজন=41·85 গ্রাম।

সমাধান : দ্রবণের ওজন=(76·85−29·6) গ্রাম=47·25 গ্রাম

দ্রাবের ওজন=(41·85−29·6) গ্রাম=12·25 গ্রাম

দ্রাবকের ওজন=(47·25−12·25) গ্রাম=35·00 গ্রাম

∴ 20°C উষ্ণতায় নির্ণেয় দ্রাব্যতা $=\frac{12 \cdot 25 \times 100}{35}=35$

উদাহরণ 2. 80°C উষ্ণতায় এবং 40°C উষ্ণতায় NH_4Cl-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 64 এবং 46। সম্পৃক্ত NH_4Cl দ্রবণের 82 গ্রামকে 80°C উষ্ণতা হইতে 40°C উষ্ণতায় শীতল করিলে NH_4Cl-এর কত গ্রাম দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

সমাধান : 80°C উষ্ণতায় দ্রাব্যতা=64

80°C উষ্ণতায় (100+64) গ্রাম বা 164 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ 64 গ্রাম

∴ " 82 " " $\frac{64 \times 82}{164}$ গ্রাম =32 গ্রাম

∴ দ্রাবকের পরিমাণ=(82−32) গ্রাম=50 গ্রাম

40°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করে 46 গ্রাম দ্রাব

∴ " " 50 " " " " $\frac{46 \times 50}{100}$=23 গ্রাম দ্রাব

∴ 82 গ্রাম দ্রবণকে 80°C হইতে 40°C উষ্ণতায় শীতল করিলে (32−23) গ্রাম বা 9 গ্রাম NH_4Cl কেলাসিত হইবে।

উদাহরণ 3. 75°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা 155 এবং 10°C উষ্ণতায় উহার দ্রাব্যতা 10। KNO_3-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের 102 গ্রামকে 75°C উষ্ণতা হইতে 10°C উষ্ণতায় শীতল করিলে কত ওজনের KNO_3 কেলাসিত হইবে?

সমাধান : 75°C উষ্ণতায় (100+155) গ্রাম বা 255 গ্রাম দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ 155 গ্রাম

∴ 75°C উষ্ণতায় 102 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ $=\frac{155 \times 102}{255}$=62 গ্রাম

∴ দ্রাবকের পরিমাণ=(102−62) গ্রাম=40 গ্রাম

∴ 10° উষ্ণতায় 40 গ্রাম দ্রাবকে সম্পৃক্ত করিতে দ্রাবের পরিমাণ $=\frac{10 \times 40}{100}$=4 গ্রাম

∴ বিচ্ছিন্ন KNO_3 কেলাসের পরিমাণ=(62−4) গ্রাম=58 গ্রাম

উদাহরণ 4. 20°C উষ্ণতায় NaCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের 3·63 গ্রামের সহিত পাতিত জল মিশাইয়া এবং অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিয়া AgCl সম্পূর্ণভাবে অধঃক্ষিপ্ত করা হইল। উৎপন্ন AgCl-কে পরিস্রুত করিয়া 120°C উষ্ণতায় শুষ্ক করার পর দেখা গেল উহার ওজন 2·36 গ্রাম। 20°C উষ্ণতায় NaCl-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

সমাধান : $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$

58·5   143·5

সমীকরণ হইতে দেখা যাইতেছে যে, 143·5 গ্রাম AgCl পাওয়া যায় 58·5 গ্রাম NaCl হইতে।

অতএব মূল দ্রবণে NaCl-এর পরিমাণ $= \frac{58 \cdot 5 \times 2 \cdot 36}{143 \cdot 5}$ গ্রাম $= 0 \cdot 962$ গ্রাম

∴ 3·63 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে NaCl-এর পরিমাণ = 0·962 গ্রাম

∴ " " " " দ্রাবকের পরিমাণ = (3·63 − 0·962) গ্রাম

= 2·668 গ্রাম

∴ 20°C উষ্ণতায় NaCl-এর দ্রাব্যতা $= \frac{0 \cdot 962 \times 100}{2 \cdot 668} = 36 \cdot 1$

উদাহরণ 5. 75°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা 155। 25°C উষ্ণতায় উহার দ্রাব্যতা 38। KNO_3-এর 100 গ্রাম দ্রবণকে 75°C উষ্ণতা হইতে 25°C উষ্ণতায় শীতল করিলে কত গ্রাম KNO_3 কেলাসিত হইবে?

সমাধান : 75°C উষ্ণতায় (100+155) গ্রাম বা 255 গ্রাম দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ 155 গ্রাম

∴ 75°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম KNO_3 দ্রবণে KNO_3-এর পরিমাণ

$= \frac{155 \times 100}{255} = 60 \cdot 78$ গ্রাম

∴ দ্রাবকের পরিমাণ = (100 − 60·78) গ্রাম = 39·22 গ্রাম

25°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করে 38 গ্রাম KNO_3

∴ " 39·22 " " " " $\frac{38 \times 39 \cdot 22}{100}$ গ্রাম

বা 14·90 গ্রাম KNO_3

∴ কেলাসিত KNO_3-এর পরিমাণ = (60·78 − 14·90) গ্রাম = 45·88 গ্রাম

উদাহরণ 6. একটি 15% দ্রবণের 300 গ্রামকে শীতল করিবার পর দেখা গেল দ্রাবের কিছু অংশ অধঃক্ষিপ্ত হইয়াছে এবং দ্রবণের শক্তি দাঁড়াইয়াছে 8%। অধঃক্ষিপ্ত পদার্থের ওজন কত?

সমাধান : 300 গ্রাম 15% দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ = 45 গ্রাম এবং দ্রাবকের পরিমাণ (300 − 45) গ্রাম = 255 গ্রাম। শীতল করিবার পর দ্রবণের শক্তি 8%

∴ 92 গ্রাম দ্রাবকে দ্রাবের পরিমাণ 8 গ্রাম

∴ 255 „ „ „ „ $\frac{8 \times 255}{92} = 22{\cdot}2$ গ্রাম

∴ শীতল করিবার পর অধঃক্ষিপ্ত পদার্থের পরিমাণ

$= (45 - 22{\cdot}2)$ গ্রাম $= 22{\cdot}8$ গ্রাম

উদাহরণ 7. একটি দ্বিযোজী ধাতুর সোদক ক্লোরাইডের 0·1 গ্রাম অতিরিক্ত $AgNO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া 0·1311 গ্রাম AgCl উৎপন্ন করে। এই সোদক লবণের 0·2 গ্রাম-কে উত্তপ্ত করিলে 0·1014 গ্রাম অনার্দ্র লবণ পাওয়া যায়। সোদক লবণটির একটি অণুতে কেলাস জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরা যাক, সোদক লবণটির আণবিক সঙ্কেত MCl_2, nH_2O

$$MCl_2, nH_2O + 2\,AgNO_3 \rightarrow \underset{2(108+35{\cdot}5)}{2\,AgCl} + M(NO_3)_2 + nH_2O$$

∴ 287 গ্রাম AgCl পাওয়া যাইবে 1 মোল সোদক কেলাস হইতে

প্রশ্নানুসারে, 0·1311 গ্রাম AgCl পাওয়া যায় 0·1 গ্রাম সোদক লবণ হইতে

∴ 287 গ্রাম AgCl পাওয়া যাইবে $\frac{0{\cdot}1 \times 287}{0{\cdot}1311}$ গ্রাম

বা, 218·9 গ্রাম সোদক ক্লোরাইড হইতে

∴ সোদক কেলাসের আণবিক ওজন $= 218{\cdot}9$

আবার, 0·2 গ্রাম সোদক কেলাসে জলের পরিমাণ $(0{\cdot}2 - 0{\cdot}1014)$ গ্রাম

বা, 0·0986 গ্রাম

∴ 287 গ্রাম বা, 1 মোল সোদক কেলাসে জলের পরিমাণ

$= \frac{0{\cdot}0986 \times 218{\cdot}9}{0{\cdot}2}$ গ্রাম

বা, 107·77 গ্রাম বা, $\frac{107{\cdot}77}{18}$ মোল $= 6$ মোল

∴ কেলাস জলের নির্ণেয় অণুর সংখ্যা $= 6$

উদাহরণ 8. 27°C উষ্ণতায় Na_2CO_3-এর একটি সম্পৃক্ত দ্রবণের 8·25 গ্রামকে প্রশমিত করিতে 138 মিলি. 0·25 (N) HCl-এর প্রয়োজন হইল। 27°C উষ্ণতায় Na_2CO_3-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ 138 মিলি. 0·25 (N) HCl ≡ 138 × 0·25 মিলি. (N) HCl

≡ 34·5 মিলি. (N) HCl

≡ 34·5 মিলি. (N) Na_2CO_3

≡ 34·5 × 0·053 গ্রাম Na_2CO_3

≡ 1·8285 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 8·25 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে জলের পরিমাণ $= (8{\cdot}25 - 1{\cdot}8285)$ গ্রাম

$= 6{\cdot}4215$ গ্রাম

∴ 27°C উষ্ণতায় Na_2CO_3-এর দ্রবণীয়তা $= \frac{1{\cdot}8285 \times 100}{6{\cdot}4215} = 28{\cdot}475$

উদাহরণ 9. 25°C উষ্ণতায় 1·582 গ্রাম অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেটকে বেশ কয়েকদিন ধরিয়া আর্দ্র বায়ুতে রাখিয়া দেওয়ার পর দেখা গেল ইহার ওজন বৃদ্ধি হইয়া 2·824 গ্রাম হইয়াছে। 25°C উষ্ণতায় প্রাপ্ত সোদক জিঙ্ক সালফেট কেলাসের সঙ্কেত নির্ণয় কর। (Zn=65·4, S=32, O=16, H=1)

সমাধান : অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেট আর্দ্র বায়ু হইতে জল শোষণ করে।

অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেটের ওজন=1·582 গ্রাম

আর্দ্র " " " =2·824 গ্রাম

∴ শোষিত জলের পরিমাণ=(2·824−1·582) গ্রাম=1·242 গ্রাম

অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেটের ($ZnSO_4$) আণবিক ওজন=65·4+32+64=161·4

1·582 গ্রাম অনার্দ্র $ZnSO_4$ যুক্ত হয় 1·242 গ্রাম জলের সঙ্গে

∴ 161·4 " " " " $\frac{1{\cdot}242\times161{\cdot}4}{1{\cdot}582}$ গ্রাম

বা, 126·7 গ্রাম জলের সঙ্গে

বা, $\frac{126{\cdot}7}{18}$ মোল বা, 7 মোল জলের সঙ্গে

∴ এক মোল অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেটের সহিত যুক্ত জলের মোল সংখ্যা 7

সুতরাং, জিঙ্ক সালফেটের সোদক কেলাসের আণবিক সঙ্কেত $ZnSO_4, 7H_2O$

উদাহরণ 10. একটি দ্বিযোজী ধাতুর সালফেট লবণের সোদক কেলাসে 51·22% কেলাস জল বর্তমান। সোদক কেলাসটির কেলাস জলের সংখ্যা নির্ণয় কর। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 24।

সমাধান : ধরা যাক, ধাতুটির সালফেট লবণের সোদক কেলাসের সঙ্কেত MSO_4, xH_2O

সোদক কেলাসটির আণবিক ওজন=24+32+64+x(2+16)=120+18x

120+18x গ্রাম সোদক কেলাসে জলের পরিমাণ 18x গ্রাম

∴ 100 গ্রাম সোদক কেলাসে জলের পরিমাণ $\frac{18x\times100}{120+18x}$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{18x\times100}{120+18x}=51{\cdot}22$ বা, $x=7$

∴ কেলাস জলের নির্ণেয় সংখ্যা=7

উদাহরণ 11. সোদক কপার সালফেট লবণে 63·93% অনার্দ্র লবণ আছে। সোদক লবণটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (Cu=63·5)

সমাধান : ধরা যাক, সোদক কেলাসটির সঙ্কেত $CuSO_4, x\,H_2O$

∴ সোদক কেলাসটির আণবিক ওজন=63·5+32+64+18 x

=159·5+18 x

$159{\cdot}5+18x$ গ্রাম সোদক কেলাসে অনার্দ্র লবণের পরিমাণ $=159{\cdot}5$ গ্রাম

$\therefore$ 100 " " " " " $\dfrac{159{\cdot}5\times100}{159{\cdot}5+18x}$

প্রশ্নানুসারে, $\dfrac{159{\cdot}5\times100}{159{\cdot}5+18x}=63{\cdot}93$

বা, $15950=10196{\cdot}83+1150{\cdot}74\,x$ বা, $1150{\cdot}74\,x=5753{\cdot}17$

$$\therefore\ x=\frac{5753{\cdot}17}{1150{\cdot}74}=4{\cdot}999\backsimeq5$$

$\therefore$ সোদক কেলাসটির সঙ্কেত $CuSO_4,\ 5\ H_2O$

উদাহরণ 12. 15°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করিতে NaCl এবং KNO_3-এর প্রয়োজনীয় পরিমাণ যথাক্রমে 37 গ্রাম এবং 25 গ্রাম। 70°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করিতে NaCl এবং KNO_3-এর পরিরাণ যথাক্রমে 38 গ্রাম ও 140 গ্রাম।

NaCl এবং KNO_3 সম ওজনানুপাতে মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণের 100 গ্রাম 70°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করা হইল। দ্রবীভূত করিবার পর উত্তপ্ত অবস্থায় দ্রবণটিকে পরিস্রুত করা হইল। পরিস্রাবণ করার পর দ্রবণটির উষ্ণতা 15°C-এ নামাইয়া পুনরায় পরিস্রাবণ করা হইল। অতঃপর পরিস্রুতকে বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হইল। এইভাবে যে-তিনটি অবশেষ পাওয়া গেল সেই অবশেষগুলির ওজন ও সংযুতি নির্ণয় কর। ধরিয়া লও যে, পরিস্রাবণের পর ফিল্টার কাগজে কোন্ সময়েই কোন দ্রবণ লাগিয়া থাকিল না। [S. C. 1965, July]

সমাধান : NaCl-এর পরিমাণ 50 গ্রাম এবং KNO_3-এর পরিমাণ 50 গ্রাম। 70°C উষ্ণতায় NaCl-এর দ্রাব্যতা 38 এবং KNO_3-এর দ্রাব্যতা 140।

$\therefore$ এই উষ্ণতায় সমস্ত KNO_3 দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং প্রথম অবশেষে (50 − 38) গ্রাম বা 12 গ্রাম NaCl উপস্থিত থাকিবে।

ইহার পর দ্রবণটিকে 15°C উষ্ণতায় শীতল করিলে (38 − 37) বা, 1 গ্রাম NaCl এবং (50 − 25) গ্রাম বা, 25 গ্রাম KNO_3 অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

অতএব দ্বিতীয় অবশেষে 1 গ্রাম NaCl এবং 25 গ্রাম KNO_3 উপস্থিত থাকিবে এবং উহার মোট ওজন হইবে 26 গ্রাম।

দ্বিতীয়বার পরিস্রাবণের পর প্রাপ্ত দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে,

অবশেষে 37 গ্রাম NaCl এবং 25 গ্রাম KNO_3 উপস্থিত থাকিবে এবং উহার মোট ওজন হইবে (37 + 25) গ্রাম = 62 গ্রাম।

উদাহরণ 13. 100°C উষ্ণতা এবং 15°C উষ্ণতায় $CuSO_4$ কেলাসের দ্রাব্যতা যথাক্রমে 75 এবং 19। 100°C উষ্ণতায় 100 মিলি. জলকে $CuSO_4$ কেলাস দ্বারা সম্পৃক্ত করা হইল। পরে 50 মিলি. জল পাতিত করিয়া দূরীভূত করা হইল। এখন অবশিষ্ট দ্রবণকে 15°C উষ্ণতায় শীতল করিলে দ্রবণ হইতে মোট কি পরিমাণ $CuSO_4$ কেলাসিত হইবে।

সমাধান ঃ 100 মিলি, জল≃100 গ্রাম জল

100°C উষ্ণতায় 50 মিলি. জল অপসারিত হইলে অধঃক্ষিপ্ত $CuSO_4$ কেলাসের পরিমাণ$=\frac{75}{2}$ গ্রাম$=37{\cdot}5$ গ্রাম

এই উষ্ণতায় দ্রবীভূত কেলাসের পরিমাণ$=37{\cdot}5$ গ্রাম

15°C উষ্ণতায় 50 মিলি. জলে দ্রবীভূত কেলাসের পরিমাণ$=\frac{19}{2}$ গ্রাম$=9{\cdot}5$ গ্রাম

সুতরাং 50 মিলি. দ্রবণটিকে 100°C হইতে 15°C উষ্ণতায় শীতল করিলে বিচ্ছিন্ন $CuSO_4$ কেলাসের পরিমাণ হইবে $(37{\cdot}5-9{\cdot}5)$ গ্রাম$=28$ গ্রাম।

∴ দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন কেলাসের মোট ওজন$=(37{\cdot}5+28)=65{\cdot}5$ গ্রাম।

উদাহরণ 14. 100°C উষ্ণতায় KNO_3-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের 300 গ্রামকে শীতল করিয়া 10°C উষ্ণতায় আনা হইল। ইহার ফলে দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন KNO_3 কেলাসের পরিমাণ নির্ণয় কর। (10°C এবং 100°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 20 এবং 250)। [H. S. 1982]

সমাধান ঃ

100°C উষ্ণতায় (100+250) গ্রাঃ বা 350 গ্রাঃ সম্পৃক্ত দ্রবণে KNO_3-এর পরিমাণ
$=(350-100)$ গ্রাঃ বা 250 গ্রাম

∴ 100°C উষ্ণতায় 300 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে KNO_3-এর পরিমাণ
$=\frac{250\times300}{350}$ গ্রাম$=214{\cdot}286$ গ্রাম

∴ উপস্থিত দ্রাবকের পরিমাণ$=(300-214{\cdot}286)$ গ্রাম$=85{\cdot}714$ গ্রাম

10°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করে 20 গ্রাম KNO_3

∴ " " 85·714 " " " $\frac{20\times85{\cdot}714}{100}$ গ্রাম

বা, $17{\cdot}143$ গ্রাম KNO_3

∴ দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন কেলাসের নির্ণেয় পরিমাণ$=(214{\cdot}286-17{\cdot}143)$ গ্রাম

বা, $197{\cdot}143$ গ্রাম।

উদাহরণ 15. 25°C উষ্ণতায় 50 গ্রাম ওজনের KNO_3-এর সম্পৃক্ত দ্রবণে 21 গ্রাম KNO_3 লবণ দ্রবীভূত আছে। 25°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রবণীয়তা নির্ণয় কর। [H. S. 1984]

সমাধান ঃ দ্রবণের পরিমাণ$=50$ গ্রাম এবং দ্রাবের পরিমাণ$=21$ গ্রাম

∴ দ্রাবকের পরিমাণ$=(50-21)$ গ্রাম$=29$ গ্রাম

∴ KNO_3 লবণটির দ্রাব্যতা$=\frac{21\times100}{29}=72{\cdot}4$

উদাহরণ 16. 1 গ্রাম আর্দ্র কপার সালফেটকে উত্তপ্ত করিলে 0·6393 গ্রাম শুষ্ক কপার সালফেট পাওয়া যায়। প্রতি অণু কপার সালফেটের সহিত কয়টি কেলাস-জল-অণু যুক্ত আছে তাহা নির্ণয় কর। (Cu=63·5, S=32, O=16) [H. S. 1984]

সমাধান ঃ ধরা যাক, কপার সালফেট কেলাসের আণবিক সঙ্কেত $CuSO_4$, $x\,H_2O$

∴ উহার আণবিক ওজন $=63 \cdot 5+35+64+18x=159 \cdot 5+18x$

$159 \cdot 5+18x$ গ্রাম আর্দ্র কপার সালফেটে জলের পরিমাণ $18x$ গ্রাম

∴ 1 " " " " " $\frac{18x}{159 \cdot 5+18x}$

প্রশ্নানুসারে, $\frac{18x}{159 \cdot 5+18x}=(1-0 \cdot 6393)=0 \cdot 3607$

বা, $x=4 \cdot 9997=5$ (∵ অণুসংখ্যা ভগ্নাংশ হইবে না)

∴ প্রতি অণু কপার সালফেট কেলাসে যুক্ত জল-অণুর সংখ্যা $=5$

উদাহরণ 17. 200 গ্রাম লেড নাইট্রেট 300 মিলি. ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করা হইল। 20°C তাপমাত্রায় লেড নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 52·5 হইলে এবং এই তাপ-মাত্রায় দ্রবণটিকে ঠাণ্ডা করিলে কত গ্রাম লেড নাইট্রেট পৃথক হইবে ?

[Tripura, H. S. 1979]

সমাধান ঃ 300 মিলি. জল ≃ 300 গ্রাম জল

20°C তাপমাত্রায় 300 মিলি. (বা, 300 গ্রাম) জলকে সম্পৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় লেড নাইট্রেটের পরিমাণ $=3 \times 52 \cdot 5$ গ্রাম $=157 \cdot 5$ গ্রাম

300 গ্রাম ফুটন্ত জলকে সম্পৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় লেড নাইট্রেটের পরিমাণ $=200$ গ্রাম

∴ 20°C উষ্ণতা প্রদত্ত দ্রবণটিকে শীতল করিলে বিচ্ছিন্ন লেড নাইট্রেটের পরিমাণ $=(200-157 \cdot 5)$ গ্রাম $=42 \cdot 5$ গ্রাম।

উদাহরণ 18. 0·499 গ্রাম একটি কেলাসাকার লবণকে উত্তপ্ত করায় 0·18 গ্রাম জলীয় বাষ্প নির্গত হইয়া অনার্দ্র লবণ উৎপন্ন হয়। কেলাসাকার লবণের আণবিক গুরুত্ব 249·5 হইলে ইহার অণুতে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

[H. S. 1985]

সমাধান ঃ 0·499 গ্রাম কেলাসে জলের পরিমাণ 0·18 গ্রাম

∴ 249·5 " " " " $\frac{0 \cdot 18 \times 249 \cdot 5}{0 \cdot 499}$ গ্রাম

$=90$ গ্রাম

90 গ্রাম জল ≡ 5 গ্রাম-অণু জল

∴ কেলাসটির এক গ্রাম-অণুতে 5 গ্রাম অণু জল বর্তমান। অর্থাৎ, কেলাসটির একটি অণুতে 5 অণু জল বর্তমান।

সার-সংক্ষেপ

প্রকৃত দ্রবণ ঃ দুই বা ততোধিক পদার্থ মিশ্রিত হইয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ গঠন করিলে সেই মিশ্রণটিকে বলা হয় প্রকৃত দ্রবণ। এই মিশ্রণে যে-পদার্থের পরিমাণ আপেক্ষিকভাবে বেশি তাহাকে দ্রাবক বলা হয় এবং যে-পদার্থের পরিমাণ আপেক্ষিক-

ভাবে কম তাহাকে বলা হয় দ্রাব। দ্রবণ=দ্রাব+দ্রাবক। দ্রাব এবং দ্রাবক বিভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকিতে পারে।

অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত এবং অতিপৃক্ত দ্রবণ : নির্দিষ্ট উষ্ণতা এবং চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন দ্রাবক যত পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত করিতে পারে সেই পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটিকে সম্পৃক্ত দ্রবণ বলে। নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে সম্পৃক্ত দ্রবণে উপস্থিত দ্রাবের পরিমাণ অপেক্ষা কম দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটি অসম্পৃক্ত দ্রবণ। নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে যে-দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ দ্রাবককে সম্পৃক্ত করিতে যে-পরিমাণ দ্রাবের প্রয়োজন তাহা অপেক্ষা বেশি সেই দ্রবণকে বলা হয় অতিপৃক্ত দ্রবণ।

দ্রবণীয়তা বা দ্রাব্যতা : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 100 গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করিতে যতগ্রাম দ্রাবের প্রয়োজন হয় দ্রাবের ঐ ওজন সংখ্যাকে ঐ তাপমাত্রায় উহার দ্রবণীয়তা বা দ্রাব্যতা বলা হয়। সুতরাং কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় a গ্রাম দ্রাব b গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করিলে দ্রাবটির দ্রাব্যতা $S=\frac{a}{b}\times 100$

দ্রাব্যতা উষ্ণতা এবং চাপের উপর নির্ভরশীল।

অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত এবং অতিপৃক্ত দ্রবণের পরিচায়ক পরীক্ষা।

একটি অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুতি।

দ্রাব্যতা লেখ : কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা বিভিন্ন উষ্ণতায় নির্ণয় করিয়া ছক কাগজে উষ্ণতার সাপেক্ষে দ্রাবতা স্থাপন করিলে যে-লেখ পাওয়া যায় তাহাকে দ্রাব্যতা লেখ বলে।

দ্রাব্যতা লেখ-এর গুরুত্ব : (i) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয়, (ii) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন দ্রাবের দ্রাব্যতার তুলনামূলক আলোচনা, (iii) দ্রাব্যতার পরিবর্তনের হার, (iv) উচ্চ উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিলে অধঃক্ষিপ্ত দ্রাবের পরিমাণ নির্ণয় করা, (v) উচ্চ উষ্ণতায় একাধিক দ্রাবের দ্রবণকে শীতল করিলে কোন দ্রাবটি প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হইবে তাহা জানা যায়।

দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা নির্ণয়।

কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ : উচ্চ উষ্ণতায় কোন কঠিন দ্রাবের সম্পৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিলে দ্রাবটি আংশিক ভাবে নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বিশিষ্ট কঠিন হিসাবে দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। এই পদ্ধতিকে বলে কেলাসন। বিচ্ছিন্ন কঠিনটিকে বলা হয় কেলাস।

আংশিক কেলাসন : বিভিন্ন দ্রাব্যতা বিশিষ্ট একাধিক কঠিন পদার্থের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণকে উচ্চ উষ্ণতা হইতে নিম্ন উষ্ণতায় বার বার শীতল করিয়া কঠিন পদার্থগুলিকে কেলাস আকারে পৃথক করার পদ্ধতিকে আংশিক কেলাসন বলে।

কেলাসনের বিভিন্ন পদ্ধতি : (i) বাষ্পায়ন, (ii) উর্ধ্বপাতন, (iii) গলিত পদার্থ শীতল করিয়া।

অ্যামোরফাস পদার্থ : যে-সকল কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার নাই তাহাদিগকে অ্যামোরফাস পদার্থ বা অনিয়তাকার পদার্থ বলা হয়।

কেলাস-জল : কেলাসের সহিত যুক্ত জল অণুকে কেলাস-জল বলে এবং জল অণু যুক্ত কেলাসকে **সোদক কেলাস** বলে। সোদক কেলাসের জল উত্তাপ প্রয়োগে দূরীভূত করিলে অনার্দ্র কেলাস পাওয়া যায়। কিছু কিছু কেলাস বায়ুতে রাখিয়া দিলে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া ঐ জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই সকল কেলাসকে **উদগ্রাহী** কেলাস বলে এবং এই ঘটনাকে **উদগ্রহণ** বলা হয়। আবার কিছু কিছু কেলাস আছে যাহাদিগকে বাতাসে রাখিয়া দিলে উহাদের কেলাস-জল ত্যাগ করিয়া অনিয়তাকার পদার্থে পরিণত হয়। এই সকল কেলাসকে **উদত্যাগী** কেলাস বলে এবং এই ঘটনাকে **উদত্যাগ** বলে। যে-সকল কেলাস বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে কিন্তু শোষিত জলে দ্রবীভূত হয় না সেই সকল কেলাসকে **জলাকর্ষী** কেলাস বলে।

প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টির কৌশল : দ্রাব কণার ক্ষুদ্র আকার ধারণ অথবা আয়ন গঠন। অতঃপর দ্রাবক অণুর দ্বারা পরিবেষ্টন।

ক্রিস্টালয়েড এবং কলয়েড পদার্থ : নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার পদার্থগুলি **ক্রিস্টালয়েড**। আঠার ন্যায় অনিয়তাকার পদার্থগুলি হইল **কলয়েড**।

প্রকৃত দ্রবণ কলয়ডীয় দ্রবণ এবং সাসপেনসনের পার্থক্য।

কলয়ডীয় দ্রবণের সংজ্ঞা : যে-দ্রবণে দ্রাবকণাগুলির ব্যাস 10^{-5} cm হইতে 10^{-7} cm-এর মধ্যে, যাহাকে খালি চোখে সমসত্ত্ব মনে হইলেও শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে অসমসত্ত্ব দেখায় এবং যে-দ্রবণে দ্রাবকণাগুলি সমগ্র দ্রবণ ব্যাপিয়া প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে সেই দ্রবণকে কলয়ডীয় দ্রবণ বলে।

কলয়ডীয় দ্রবণ বিভিন্ন প্রকার হইতে পারে।

কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুতি : (i) বিক্ষেপণ, (ii) সমষ্টিকরণ।

(i) **বিক্ষেপণ :** ইহা বিভিন্ন ভৌত উপায়ে করা হয়—(a) যান্ত্রিক পদ্ধতি, (b) বৈদ্যুতিক পদ্ধতি, (c) দ্রাবক বিনিময় পদ্ধতি, (d) পেপটাইজেসন পদ্ধতি।

(ii) **সমষ্টিকরণ পদ্ধতি :** ইহা বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা সংঘটিত করা হয়। (a) জারণ, (b) বিজারণ, (c) আর্দ্রবিশ্লেষণ, (d) বিনিময় বিক্রিয়া।

ঝিল্লী বিশ্লেষণ : কলয়ডীয় দ্রবণ হইতে মাত্রাতিরিক্ত ক্রিস্টালয়েড পদার্থ অপসারিত করিবার পদ্ধতিকে বলা হয় ঝিল্লী বিশ্লেষণ বা ডায়ালিসিস। ঝিল্লী বিশ্লেষণ দুই উপায়ে করা হয় : (a) সাধারণ পদ্ধতি, (b) বৈদ্যুতিক পদ্ধতি।

কলয়ডীয় দ্রবণের ধর্ম : (a) বর্ণ, (b) অধিশোষণ, (c) তড়িৎ-চলন, (d) টিণ্ডাল প্রক্রিয়া, (e) ব্রাউনীয় গতি।

তঞ্চন এবং তঞ্চন ঘটিবার কৌশল : কলয়ডীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ করিলে দেখা যায় যে, কলয়েড কণাগুলি মাধ্যম হইতে পৃথক হইয়া পড়ে। এই ঘটনাকে তঞ্চন বলা হয়। বাহির হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ

করিলে কলয়েড কণাগুলি বিপরীত তড়িদাধানযুক্ত আয়নকে অধিশোষণ করার ফলে তঞ্চন ঘটে।

ইমালসন : কলয়েড কণা এবং মাধ্যম উভয়েই তরল হইলে কলয়েড দ্রবণকে ইমালসন বলা হয়।

জেল : উচ্চ উষ্ণতায় উৎপন্ন কলয়ডীয় দ্রবণকে শীতল করিলে উহা থকৃথকে কঠিন আকার ধারণ করে। ইহাকে জেল বলা হয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. সমসত্ব এবং অসমসত্ব পদার্থ বলিতে কি বুঝা যায়? প্রকৃত দ্রবণের সংজ্ঞা দাও। প্রকৃত দ্রবণ কত প্রকার হইতে পারে? প্রত্যেক ক্ষেত্রে উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও। দ্রাব ও দ্রাবক কাহাকে বলে?

2. অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত [Tripura, 1981] এবং অতিপৃক্ত দ্রবণ কি? হাইপোর একটি অতিপৃক্ত দ্রবণে উহার একটি দানা নিক্ষেপ করিলে কি ঘটিবে? [H. S. 1983] দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা বলিতে কি বুঝ? [J. E. 1981, 1985, 1979] দ্রাব্যতা উষ্ণতা এবং চাপের উপর নির্ভরশীল কথাটির যথার্থতা ব্যাখ্যা কর।

3. দ্রবণীয়তা এবং দ্রাব্যতা গুণফলের পার্থক্য কি? [Tripura, 1981]

4. একটি অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর।

5. "20°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা 31"—এই বিবৃতি হইতে কি বুঝা যায়? [H. S. 1982] দ্রাব্যতা লেখ কাহাকে বলে? [J. E. 1980, H. S. 1978] দ্রাব্যতা লেখ-এর সাহায্যে দ্রাবের দ্রাব্যতা সম্বন্ধে কি কি তথ্য জানা যায়? [H. S. 1982]

6. জলে NaCl এবং Na_2SO_4-এর দ্রাব্যতা লেখ অঙ্কন কর। এই লেখ দুইটি হইতে কি কি তথ্য জানা যায়? [J. E. 1980]

7. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি পদার্থের দ্রবণীয়তা কিভাবে নির্ণয় করিবে? উপযুক্ত পরীক্ষার সাহায্যে বুঝাইয়া দাও।

8. সাধারণ লবণ, নিশাদল এবং বালি—এই তিনটি পদার্থের মিশ্রণ হইতে উহাদের প্রত্যেকটিকে কিভাবে সম্পূর্ণরূপে পৃথক করিবে? [H. S. 1984]

9. 'কেলাস' এবং 'কেলাসন' কথার অর্থ কি? কেলাস গঠনের বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর। অ্যামোরফাস বা অনিয়তাকার পদার্থ কাহাকে বলে?

10. 'আংশিক কেলাসন' কথার অর্থ কি? আংশিক কেলাসনের সাহায্যে কিভাবে একাধিক দ্রাবের মিশ্রণকে পরস্পর হইতে পৃথক করা যায়?

11. সোদক কেলাস এবং অনার্দ্র কেলাসের সংজ্ঞা দাও। কেলাস-জল

কাহাকে বলে? [H. S. 1984, Tripura, 1979, 1981] সকল কেলাস-জলের উপস্থিতি কি অপরিহার্য্য?

12. কেলাস-জলের পরিমাণ নির্ণয়ের একটি পরীক্ষাগত পদ্ধতি বিবৃত কর। [H. S. 1979]

13. 'উদত্যাগ' এবং 'উদগ্রহণ' বলিতে কি বুঝ? [J. E. 1980, '82] উদত্যাগ এবং উদগ্রহণের কারণ ব্যাখ্যা কর। [J.E. 1982] উদত্যাগ এবং উদগ্রাহী পদার্থের সংজ্ঞা দাও।

14. Na_2CO_3, $10H_2O$ কেলাস বাতাসের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে কেলাসনে আংশিক পরিত্যাগ করিয়া Na_2CO_3, H_2O-এ পরিবর্তিত হয়—ইহার নাম কি? ইহা কিভাবে ঘটে বুঝাইয়া বল। [H. S. 1984]

15. প্রকৃত দ্রবণ কিভাবে সৃষ্টি হয় ব্যাখ্যা কর। সমযোজী যৌগ সমযোজী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় কিন্তু ধ্রুবীয় দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না—কারণ ব্যাখ্যা কর। [J. E. 1982]

16. কলয়ডীয় দ্রবণ বলিতে কি বুঝ? [H. S. 1978, '80, '81, Tripura, 1981, '85] কলয়েড এবং ক্রিস্টালয়েডের মধ্যে পার্থক্য কি? [J. E. 1980, '83] বিভিন্ন প্রকার কলয়ডীয় দ্রবণ সম্পর্কে আলোচনা কর।

17. প্রকৃত দ্রবণ এবং কলয়ডীয় দ্রবণের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। [Tripura, '79, H. S. 1984]। ইহাদের সহিত সাসপেনসনের পার্থক্য পরিষ্কারভাবে বুঝাইয়া দাও।

18. কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি আলোচনা কর।

19. ঝিল্লী বিশ্লেষণ বলিতে কি বুঝ? [H. S. 1981, '83, Tripura, 1984, 1980] ইহার উদ্দেশ্য কি? বৈদ্যুতিক ঝিল্লী বিশ্লেষণ কিভাবে করা হয়?

20. 'অধিশোষণ', 'তড়িৎ-চলন', 'টিণ্ডাল প্রক্রিয়া', 'ব্রাউনীয় গতি' বলিতে কি বুঝ? [Tripura, 1980, '83]

21. তঞ্চন কাহাকে বলে। তঞ্চন কিভাবে ঘটে ব্যাখ্যা কর?

22. টীকা লিখ: (a) সল, (b) জেল, (c) ইমালসন, (d) ঝিল্লী বিশ্লেষণ, (e) তড়িৎ-চলন, (f) ব্রাউনীয় গতি, (g) টিণ্ডাল প্রক্রিয়া।

23. টীকা লিখ: (a) দ্রাব্যতা লেখ, (b) কলয়ডীয় দ্রবণ, (c) কেলাস-জল এবং কেলাস-জলের পরিমাণ নির্ণয়, (d) ঝিল্লী বিশ্লেষণ। [H. S. 1978, '79, '80, '81 J. E. 1980, '82]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. 40°C উষ্ণতায় পটাসিয়াম ক্লোরাইডের 10·5 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে পটাসিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ 3 গ্রাম। 40°C উষ্ণতায় লবণটির দ্রাব্যতা কত? [Senior Cambridge, 1967]

2. 80°C উষ্ণতায় একটি লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণের 100 গ্রাম-কে বাষ্পীভূত করিলে 50 গ্রাম অবশেষ পাওয়া যায়। 80°C উষ্ণতায় লবণটির দ্রাব্যতা (i) 50, (ii) 75, (iii) 100 অথবা (iv) 25—কোন্‌টি ঠিক বল।

3. হ্যাঁ বা না বল :

(a) দ্রাবক বা দ্রাবের মধ্যে কোন মৌলিক পার্থক্য আছে কি ?

(b) কেলাস গঠনে জল একটি অপরিহার্য অঙ্গ ;

(c) কলয়েড কণা তড়িদাহিত কণা ;

(d) প্রত্যেক কলয়ডীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উপস্থিতি অপরিহার্য ;

(e) কলয়েড দ্রবণে উপস্থিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করিলে তঞ্চন ঘটে আবার অতিরিক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ করিলেও তঞ্চন ঘটে ;

(f) কলয়ডীয় দ্রবণ একটি অসমসত্ত্ব দ্রবণ।

4. তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে দ্রাব্যতা কমে এমন একটি উদাহরণ দাও।

5. কঠিন পদার্থের দ্রাব্যতা চাপের উপর নির্ভরশীল কিনা বল।

6. গ্যাসীয় পদার্থের দ্রাব্যতা চাপের সহিত কিভাবে পরিবর্তিত হয় ?

7. গ্যাসীয় পদার্থের দ্রাব্যতা তাপমাত্রার বৃদ্ধি সঙ্গে বৃদ্ধি পায় না কমে ?

8. বিভিন্ন দ্রাব্যতাবিশিষ্ট একাধিক কঠিনের দ্রবণ হইতে কঠিনগুলিকে পৃথক করার পদ্ধতিকে বলা হয় (i) কেলাসন, (ii) আংশিক কেলাসন—কোন্‌টি ঠিক ?

9. যে-সকল কেলাস বায়ুমণ্ডল হইতে জল গ্রহণ করিয়া সেই জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় তাহাদের নাম কি ?

10. এমন একটি কেলাসের নাম কর যাহার দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় না বলিলেই চলে।

11. এমন একটি কেলাসের নাম কর যাহার দ্রাবতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া আবার কমিতে থাকে।

12. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব যোগ করিবার পর দেখা গেল যে, দ্রাবটি দ্রবীভূত হইতেছে না। দ্রবণটি সম্বন্ধে তোমার ধারণা কি ?

13. সোডিয়াম থায়োসালফেটের কেলাসকে উত্তপ্ত করিলে যে-দ্রবণ পাওয়া যায় সেই দ্রবণ সম্পৃক্ত দ্রবণ না অতিপৃক্ত দ্রবণ ?

14. উচ্চ উষ্ণতায় কোন কঠিন পদার্থের সম্পৃক্ত দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করা হইলে কি ঘটিবে বল ?

15. উচ্চ উষ্ণতায় কোনও কঠিন পদার্থের সম্পৃক্ত দ্রবণকে হঠাৎ শীতল করিলে কি ঘটিতে পারে ?

16. কি ঘটিবে বল :

(i) দুধে লেবুর রস যোগ করা হইল।

(ii) কোন কলয়েড দ্রবণে গাম অথবা জিলাটিন মিশ্রিত করা হইল।

(iii) ফুটন্ত জলের মধ্যে অল্প পরিমাণ $FeCl_3$ দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল।

(iv) SO_2 দ্রবণে H_2S গ্যাস পরিচালিত করা হইল।

(v) অল্প পরিমাণ KOH মিশ্রিত দ্রবণের মধ্য দিয়া উচ্চ তড়িৎ-বিভবে গোল্ড তড়িৎ-দ্বার মাধ্যমে তড়িৎচালনা করা হইল।

17. নদীর মোহনায় ব-দ্বীপ সৃষ্টির কারণ কি?

18. গ্রীষ্মকালের তুলনায় বর্ষাকালের নদীর জল ঘোলা কেন?

19. ভাতের ফ্যান শীতল হইলে কঠিনাকার ধারণ করে কেন?

20. কোন্‌টি সঠিক বল—

(*a*) 280 গ্রাম জলে 40 গ্রাম গ্লুকোজ দ্রবীভূত করা আছে দ্রবণটিতে শতকরা কি পরিমাণ গ্লুকোজ বর্তমান?

(i) 12·5%, (ii) 25%, (iii) 6·25%, (iv) 37·5%

(*b*) 5 লিটার 8% Na_2SO_3-এর দ্রবণ প্রস্তুত করিতে প্রয়োজনীয় দ্রাবের পরিমাণ কত?

(i) 430 গ্রাম, (ii) 215 গ্রাম, (iii) 860 গ্রাম, (iv) 107·5 গ্রাম।

(*c*) একটি 25% দ্রবণের এক মিলিলিটারে দ্রাবের পরিমাণ 0·458 গ্রাম; দ্রবণটির ঘনত্ব কত?

(i) 2·6, (ii) 1·83, (iii) 3, (iv) 1·3

(*d*) 400 গ্রাম 50% H_2SO_4 দ্রবণের 100 গ্রাম জল বাষ্পীভূত করিয়া দূরীভূত করা হইল। অবশিষ্ট দ্রবণে H_2SO_4-এর শতকরা পরিমাণ কত?

(i) 70%, (ii) 80%, (iii) 66·7%, (iv) 65%

(*e*) 25°C উষ্ণতায় NaCl-এর দ্রাব্যতা 36·0। এই উষ্ণতায় NaCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণে উহার শতকরা পরিমাণ কত?

(i) 25%, (ii) 26%, (iii) 26·5%, (iv) 20%

(*f*) 30% NaCl দ্রবণের কতগ্রাম 300 গ্রাম জলে যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণে 10% NaCl উপস্থিত থাকিবে?

(i) 100 গ্রাম, (ii) 125 গ্রাম, (iii) 130 গ্রাম, (iv) 150 গ্রাম।

(*g*) N. T. P.-তে মাপা 67·2 লিটার HCl কত গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিলে উৎপন্ন দ্রবণে 9% HCl উপস্থিত থাকিবে?

(i) 1000 গ্রাম, (ii) 1100 গ্রাম, (iii) 1107 গ্রাম, (iv) 925 গ্রাম।

(*h*) KOH-এর 50% দ্রবণের 1 কিলোগ্রামে 20% KOH দ্রবণের কত কিলোগ্রাম যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণে 25% KOH উপস্থিত থাকিবে?

(i) 2 kg., (ii) 5 kg., (iii) 3 kg., (iv) 10 kg.

(*i*) একটি দ্রাবের 300 গ্রাম 25% দ্রবণের সহিত একই দ্রাবের 400 গ্রাম 40% দ্রবণ যুক্ত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের শতকরা মাত্রা কত হইবে?

(i) 30%, (ii) 33%, (iii) 33·6%, (iv) 40%

(*j*) 20% একটি দ্রবণের 400 গ্রামকে শীতল করিলে 50 গ্রাম দ্রাব অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপের পর উৎপন্ন দ্রবণের শতকরা মাত্রা কত ?

(i) 8·6%, (ii) 10%, (iii) 12%, (iv) 16%

(*k*) $MgSO_4$-এর 5% দ্রবণ প্রস্তুত করিতে 400 গ্রাম $MgSO_4, 7H_2O$ লওয়া হইল। উৎপন্ন দ্রবণের ভর কত ?

(i) 3·9 kg., (ii) 4·5 kg., (iii) 2·9 kg., (iv) 8 kg.

(*l*) 100 মোল জলে কত মোল $MgSO_4, 7H_2O$ যুক্ত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা 10% হইবে ?

(i) 2 মোল, (ii) 1·88 মোল, (iii) 3 মোল, (iv) 4 মোল।

(*m*) 1·14 গ্রাম/মিলি ঘনত্ববিশিষ্ট 20% H_2SO_4 দ্রবণের 100 মিলি.-তে কত আয়তন জল যুক্ত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা 5% হইবে ?

(i) 342 মিলি., (ii) 300 মিলি., (iii) 350 মিলি., (iv) 400 মিলি.

(*n*) $CuSO_4$-এর 8% দ্রবণ প্রস্তুত করিতে 25 গ্রাম $CuSO_4, 5H_2O$ কত গ্রাম জলে যোগ করিতে হইবে ?

(i) 175 গ্রাম, (ii) 180 গ্রাম, (iii) 190 গ্রাম, (iv) 200 গ্রাম

(*o*) 200 গ্রাম 10% NH_4OH দ্রবণে N. T. P.-তে মাপা কত লিটার NH_3 যোগ করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা 15% হইবে ?

(i) 10 লিঃ, (ii) 6·9 লিঃ, (iii) 8 লিঃ, (iv) 12 লিঃ

(*p*) 400 গ্রাম জলে কত গ্রাম SO_3 দ্রবীভূত করিলে 15% H_2SO_4 উৎপন্ন হইবে ? (i) 57·1 গ্রাম, (ii) 58 গ্রাম, (iii) 59·2 গ্রাম, (iv) 63·1 গ্রাম

(*q*) তোমার কাছে 10 গ্রাম NaCl আছে। তোমাকে এমন একটি দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে যাহাতে প্রতি 1000 গ্রাম জলে NaCl-এর পরিমাণ 1·5 মোল। কত গ্রাম জল প্রয়োজন হইবে ?

(i) 114 গ্রাম, (ii) 112 গ্রাম, (iii) 110 গ্রাম, (iv) 115 গ্রাম

(*r*) 60°C উষ্ণতায় সম্পৃক্ত 105 গ্রাম KNO_3 দ্রবণের 105 গ্রামকে 0°C উষ্ণতায় শীতল করিলে কত গ্রাম KNO_3 বিচ্ছিন্ন হইবে। 60°C এবং 0°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 110 এবং 13।

(i) 48·5 গ্রাম, (ii) 50 গ্রাম, (iii) 42 গ্রাম, (iv) 42·8 গ্রাম

(*s*) 26% KOH দ্রবণের ঘনত্ব 1·24 গ্রাম/মিলি.। এই দ্রবণের 5 লিটারে KOH-এর মোলসংখ্যা কত ?

(i) 28 মোল, (ii) 28·7 মোল, (iii) 29·5 মোল, (iv) 25 মোল

(*t*) 450 গ্রাম জলে 50 গ্রাম $CuSO_4, 5H_2O$ দ্রবীভূত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের শতকরা মাত্রা কত হইবে ?

(i) 5%, (ii) 5·2%, (iii) 6%, (iv) 6·4%

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 20°C উষ্ণতায় 2·5 গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করিতে 5·1 গ্রাম চিনির প্রয়োজন। এই উষ্ণতায় চিনির দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। [C. U. 1909]
(উঃ। 204)

2. 15°C উষ্ণতায় 9·10 গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করিতে 3·2 গ্রাম NaCl-এর প্রয়োজন। 15° উষ্ণতার NaCl-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। (উঃ। 35·16)

3. 65°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাবতা নিম্নলিখিত তথ্য হইতে নির্ধারণ কর :
পোর্সেলিন খর্পরের ওজন = 42·3 গ্রাম
পোর্সেলিন খর্পর + KNO_3-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের ওজন = 134·3 গ্রাম
" + শুষ্ক KNO_3এর ওজন = 90·7 গ্রাম (উঃ। 111)

4. নিম্নলিখিত তথ্য হইতে KNO_3-এর দ্রাব্যতা লেখ অঙ্কন কর :

উষ্ণতা	15°C	25°C	35°C	45°C	55°C	65°C	75°C
দ্রাব্যতা	260	380	530	720	980	1240	1550

কত উষ্ণতায় দ্রবণে KNO_3-এর পরিমাণ 50% হইবে ?

5. 30°C উষ্ণতার একটি লবণের দ্রাব্যতা 45। এই লবণের 90 গ্রাম লইয়া একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম জলের প্রয়োজন ? (উঃ। 200)

6. ঘরের তাপমাত্রায় NaCl-এর দ্রাব্যতা 25। 80°C তাপমাত্রায় ইহার দ্রাব্যতা 60, NaCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের 20 গ্রাম লইয়া 80°C উষ্ণতা হইতে ঘরের তাপমাত্রায় শীতল করিলে কত গ্রাম NaCl কেলাসিত হইবে ?
(উঃ। 4·4 গ্রাম)

7. 80°C উষ্ণতায় এবং 10°C উষ্ণতায় NH_4Cl-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 64 এবং 32·8। 80°C উষ্ণতায় 50 গ্রাম জলে NH_4Cl যোগ করিয়া সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। এই দ্রবণকে 10°C উষ্ণতায় শীতল করিলে কত গ্রাম NH_4Cl কেলাসিত হইবে ? (উঃ 15·6)

8. 15°C উষ্ণতায় NaCl এবং KCl-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 47 এবং 25। 70° উষ্ণতায় উহাদের দ্রাব্যতা যথাক্রমে 38 এবং 140। এই দুইটি লবণের সম-ওজনের মিশ্রণের 100 গ্রাম লইয়া 70°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করা হইল। উত্তপ্ত অবস্থায় দ্রবণটিকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুতের উষ্ণতা 10°C-এ নামানো হইল। ইহাকে পুনরায় পরিস্রাবণ করা হইল এবং পরিস্রুতকে বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হইল। যে-তিনটি অবশেষ পাওয়া গেল তাহাদের ওজন এবং সংযুতি নির্ণয় কর।

(উঃ। (i) 12 গ্রাম NaCl, (ii) 1 গ্রাম NaCl, 25 গ্রাম KNO_3,
(iii) 37 গ্রাম NaCl, 25 গ্রাম KNO_3)

9. $MgSO_4$, $7H_2O$-এর কত মোল 100 মোল জলে যোগ করিলে $MgSO_4$-এর 10% দ্রবণ পাওয়া যাইবে? (উঃ। 1·88 মোল)

10. 280 গ্রাম জলে 40 গ্রাম গ্লুকোজ দ্রবীভূত করা আছে। দ্রবণটির শক্তি শতকরা মাত্রায় কত হইবে? (উঃ। 12·5%)

11. 5 লিটার 8% Na_2SO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে Na_2SO_3-এর কত পরিমাণ প্রয়োজন হইবে? (দ্রবণের ঘনত্ব=1·075 গ্রাম/লিটার)। (উঃ। 430 গ্রাম)

12. 450 গ্রাম জলে 50 গ্রাম $CuSO_4, 5\,H_2O$ দ্রবীভূত করিলে দ্রবণে $CuSO_4$-এর শতকরা মাত্রা কত হইবে? (উঃ। 64%)

13. অতিরিক্ত NaCl দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2% $AgNO_3$ দ্রবণের কত গ্রাম 14·35 গ্রাম AgCl অধঃক্ষিপ্ত করিবে? (উঃ। 850 গ্রাম)

14. $MgSO_4$, $7\,H_2O$-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের 88 গ্রামে সোদক লবণের পরিমাণ 48 গ্রাম। সোদক লবণটির দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। অনার্দ্র লবণের দ্রাব্যতা কত হইবে? (উঃ। 120, 58·83)

15. 0°C উষ্ণতায় NH_4Cl-এর দ্রাব্যতা 28। এই উষ্ণতায় NH_4Cl-এর 40 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে NH_4Cl-এর পরিমাণ কত হইবে? (উঃ। 7 গ্রাম)

16. 75°C উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা 155 এবং 10°C উষ্ণতায় ইহার দ্রাব্যতা 10। 75°C উষ্ণতায় KNO_3-এর একটি সম্পৃক্ত দ্রবণকে 10°C উষ্ণতায় শীতল করিবার পর উৎপন্ন কেলাসের পরিমাণ 100 গ্রাম হইলে 75°C উষ্ণতায় দ্রবণটিতে কত পরিমাণ KNO_3 ছিল। (উঃ। 107 গ্রাম)

17. 100°C উষ্ণতা এবং 40°C উষ্ণতায় $CuSO_4$-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 202 এবং 42। 100°C উষ্ণতায় 10 গ্রাম জলকে $CuSO_4$ দ্বারা সম্পৃক্ত করিয়া 40°C উষ্ণতায় শীতল করিলে কেলাসিত $CuSO_4$-এর পরিমাণ কত হইবে? (উঃ। 16 গ্রাম)

18. উচ্চ উষ্ণতায় 15 গ্রাম জলে 5 গ্রাম একটি পদার্থ দ্রবীভূত করিয়া শীতল করা হইল। দেখা গেল, 35°C উষ্ণতায় কেলাসন শুরু হইয়াছে। এই উষ্ণতায় পদার্থটির দ্রাব্যতা কত? [Bombay, 1970] (উঃ। 33·33)

19. 25°C উষ্ণতায় একটি লবণের দ্রাব্যতা 20। এই উষ্ণতায় লবণটির সম্পৃক্ত দ্রবণের কত গ্রাম বাষ্পীভূত করিলে 12 গ্রাম লবণ অবশেষ থাকিবে? [Bombay, 1973] (উঃ। 72 গ্রাম)

20. 40°C উষ্ণতায় KCl দ্রবণের 10·5 গ্রামে 3 গ্রাম KCl বর্তমান। এই উষ্ণতায় KCl-এর দ্রাব্যতা কত? (উঃ। 40)

21. 15°C উষ্ণতায় NaCl-এর দ্রাব্যতা 36। NaCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের 100 গ্রামকে বাষ্পীভূত করিলে কত ওজনের NaCl অবশেষ হিসাবে থাকিবে? এই দ্রবণের 50 গ্রামে অতিরিক্ত $AgNO_3$ লবণযুক্ত করিলে কত ওজনের AgCl অধঃক্ষিপ্ত হইবে? [S. C. 1962 Nov.] (উঃ। 26·47 গ্রাম, 32·45 গ্রাম)

৯
তড়িৎ-বিশ্লেষণ
ELECTROLYSIS

[Syllabus : Conducting and non-conducting solution—Arrhenius theory Electrolysis—Faraday's laws of electrolysis, Electrochemical equivalent, $\frac{F}{N}=e$]

তড়িৎ-পরিবাহী এবং তড়িৎ-অপরিবাহী পদার্থ (Conductors and non-conductors of electricity) : যে-সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণ করিতে সক্ষম তাহাদিগকে **তড়িৎ-পরিবাহী** পদার্থ বলে। যেমন, তামা, লোহা, অ্যালুমিনিয়াম, গ্রাফাইট, প্লাটিনাম, পারদ ইত্যাদি। যে-সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে না তাহাদিগকে **তড়িৎ-অপরিবাহী** পদার্থ বলে। যেমন, কাঠ, রবার, প্লাস্টিক, গন্ধক, কোহল, ইথার ইত্যাদি।

তড়িৎ পরিবহণ দুই উপায়ে হইতে পারে : (i) ধাতুর দ্বারা, (ii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্বারা। অবশ্য কিছু কিছু অধাতব পদার্থ এবং তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থকেও তড়িৎ পরিবহণ করিতে দেখা যায়। যথা—তরল হিলিয়াম, কঠিন গ্রাফাইট, কঠিন হাইড্রোজেন ইত্যাদি।

(i) ধাতব পরিবাহী বা ইলেকট্রনিক পরিবাহী (Electronic conductor) : যে-সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণের ফলে রাসায়নিকভাবে রূপান্তরিত হয় না তাহাদিগকে **ধাতব-পরিবাহী** বলে। সরু তামার তারের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে তারটি উত্তপ্ত হয়। তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিলে তামার তারটি শীতল হয় এবং তামার তারের কোনও রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। সকল ধাতুর ক্ষেত্রেই এই ঘটনা ঘটে। বস্তুতপক্ষে ধাতুর ক্ষেত্রে ধাতুর পরমাণুর মধ্যে অবস্থিত ইলেকট্রন তড়িৎ পরিবহণে সহায়তা করে। তাই ধাতব পরিবাহীকে অনেক সময় **ইলেকট্রনিক পরিবাহী** বলে (electronic conductor)।

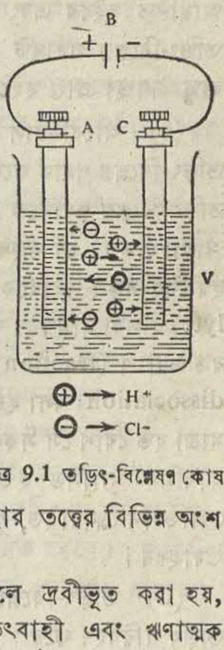
(ii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ (Electrolyte) : যে-সকল পদার্থ গলিত অবস্থায় অথবা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করে এবং তড়িৎ পরিবহণ কালে রাসায়নিক ভাবে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় তাহাদের **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ** বলে। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া তড়িৎ পরিবহণ করিলে ইহা হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এবং তড়িৎ পরিবহণকালে উহা ধাতব সোডিয়াম এবং ক্লোরিনে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। পরে জানিতে পারা যাইবে যে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে বিশ্লেষ্য পদার্থ-কর্তৃক সৃষ্ট আয়ন (Ions) তড়িৎ পরিবহণে সহায়তা করে। অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ ইত্যাদি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উদাহরণ।

তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থ (Non-electrolyte) : যে-সকল পদার্থ জলে দ্রবীভূত অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে না তাহাদিগকে তড়িৎ অবিশ্লেষ্য-পদার্থ বলে। যেমন, চিনি, ইথার, অ্যাসিটোন, ইউরিয়া ইত্যাদি।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis) : গলিত অবস্থায় অথবা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় কোনও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎ চালনা করিলে যে-রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলে। যে-পাত্রের মধ্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ কার্যটি সমাধান করা হয় তাহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ (Electrolytic cell) অথবা ভোল্টামিটার (Voltameter) বলে।

নিম্নের উদাহরণের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্যকরূপে বুঝা যাইবে।

V পাত্রে (চিত্র 9.1) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ লওয়া হইল। এই দ্রবণের মধ্যে দুইটি প্লাটিনাম দণ্ড A এবং C প্রবেশ করান আছে। A দণ্ড ব্যাটারী B-এর ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত। C দণ্ড ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত। দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ পরিচালনা করিলে A দণ্ডে ক্লোরিন এবং C দণ্ডে হাইড্রোজেন মুক্ত হইবে। এখানে V হইল তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ। A এবং C-কে বলা হয় তড়িৎ-দ্বার বা ইলেকট্রোড (electrode)। ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে অ্যানোড (anode) বলা হয় এবং ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে ক্যাথোড (cathode) বলা হয়।



চিত্র 9.1 তড়িৎ-বিশ্লেষণ কোষ

তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব (Theory of electrolytic dissociation) : তড়িৎ-বিশ্লেষণ কি ভাবে সংঘটিত হয় সেই সম্পর্কে সুইডিশ বিজ্ঞানী আরেনিয়াস (Arrhenius) 1883 খ্রীস্টাব্দে একটি তত্ত্ব দেন। নিম্নে তাঁহার তত্ত্বের বিভিন্ন অংশ আলোচনা করা হইল।

(a) তাঁহার মতে, যখন কোনও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত করা হয়, তখন পদার্থটি বিয়োজিত হইয়া ধনাত্মক (positive) তড়িৎবাহী এবং ঋণাত্মক (negative) তড়িৎবাহী কণার সৃষ্টি করে। এই বিয়োজন উভমুখী। সুতরাং জলে দ্রবীভূত অবস্থায় অবিয়োজিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ এবং বিয়োজিত পদার্থের মধ্যে একটি সাম্যের সৃষ্টি হয়। ইহার নাম আয়নীয় সাম্য (Ionic equilibrium), কারণ বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন তড়িৎ আধানযুক্ত কণা **আয়ন** (ions) নামে পরিচিত। বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাগুলির আধানের মোট পরিমাণ ঋণাত্মক আধানযুক্ত কণাগুলির আধানের মোট পরিমাণের সমান হয়। কারণ দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে তড়িৎ প্রশম। তবে আয়নগুলির নিজস্ব আধান সব সময় সমান না-ও হইতে পারে। ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাকে **ক্যাটায়ন** (cation)

বলা হয়, কারণ তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় উহারা ক্যাথোডে সঞ্চিত অথবা মুক্ত হয়। আবার ঋণাত্মক আধানযুক্ত কণাগুলিকে **অ্যানায়ন** (anion) বলা হয়, কারণ উহারা তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় অ্যানোডে সঞ্চিত বা মুক্ত হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জলে দ্রবীভূত করিলে উহা নিম্নলিখিত ভাবে বিয়োজিত হয়।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

একই ভাবে নিম্নলিখিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি বিয়োজিত হইয়া বিভিন্ন প্রকার আয়নের সৃষ্টি করে।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$$

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

(b) তাঁহার মতে দ্রবণকে যত লঘু করা হইবে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থটি ততই আয়নিত হইবে এবং দ্রবণটি লঘু হইতে হইতে এমন অবস্থায় আসিবে যখন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থটি সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়া যাইবে। তখন দ্রবণটি **পূর্ণ লঘু অবস্থা** প্রাপ্ত হইবে। ইহাকে **পূর্ণ লঘুতা** (infinite dilution) বলা হয়।

(c) আরেনিয়াস তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থকে দুই ভাগে ভাগ করেন। যে-সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলে অল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয়, সেই সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থকে তিনি **মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ** (weak electrolyte) আখ্যা দেন। যে-সকল পদার্থ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় বেশি পরিমাণে বিয়োজিত হয় সেই সকল পদার্থকে তিনি **তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ** (strong electrolyte) বলিয়া নামকরণ করেন। দ্রবীভূত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মোট পরিমাণের যত ভগ্নাংশ (fraction) বিয়োজিত হয় তাহাকে বিয়োজন মাত্রা (degree of dissociation) বলা হয়। বলাই বাহুল্য যে-সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন মাত্রা যত বেশি সে সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ ততই তীব্র। অ্যাসিটিক অ্যাসিড, কার্বনিক অ্যাসিড ইত্যাদি মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উদাহরণ। কস্টিক সোডা, সোডিয়াম ক্লোরাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উদাহরণ।

(d) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে তড়িৎ পরিচালনা করিলে আয়নগুলি তড়িৎ পরিবহণ করে। ধনাত্মক আয়নগুলি (cation) ধনাত্মক আধান বহন করিয়া ক্যাথোডের অভিমুখে যায় এবং ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া প্রশমিত হয়। ঋণাত্মক আয়ন (anion)-গুলি ঋণাত্মক আধান গ্রহণ করিয়া অ্যানোড অভিমুখে যায় এবং অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া প্রশমিত হয়। ইহার ফলে তড়িৎ-প্রবাহ চালু থাকে। যে-সকল পদার্থ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় আয়নে বিয়োজিত হয় না তাহাদের দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম।

(e) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি জলে দ্রবীভূত করিলেই বিয়োজিত হইয়া আয়ন সৃষ্টি করে। তড়িৎ দ্বারের মধ্যে বিভব প্রভেদ কেবলমাত্র আয়নগুলিকে ইলেকট্রোড

অভিমুখে গমনে সাহায্য করে। তড়িৎ-প্রবাহকালে ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডের দিকে গমন করে এবং অ্যানায়নগুলি অ্যানোডের দিকে গমন করে। ('আয়ন' কথাটির অর্থ-গমনকারী বা traveller বা wanderer)।

[বিঃ দ্রঃ আরেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজন তত্ত্ব তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়। কারণ উহারা সাধারণ গাঢ়ত্বে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়া যায়।]

আরেনিয়াসের তত্ত্ব হইতে জানিতে পারা গেল যে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়ন পরস্পরের বিপরীত-ধর্মী তড়িৎ-দ্বারে যাইয়া ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিয়া প্রশমিত হয় এবং তড়িৎ নিরপেক্ষ পদার্থ হিসাবে মুক্ত বা সঞ্চিত হয়। কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে একাধিক প্রকারের ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়ন উপস্থিত থাকিলে এবং নিষ্ক্রিয় প্রকৃতির তাড়ৎ-দ্বার ব্যবহার করিলে (প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার), কোন্ ক্যাটায়ন ক্যাথোডে সর্বপ্রথম ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া প্রশমিত হইবে অথবা কোন্ অ্যানায়ন সর্বপ্রথম ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া অ্যানোডে মুক্ত হইবে তাহা নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল।

(i) তড়িৎ-দ্বার মধ্যবর্তী বিভব প্রভেদ (Potential difference between the electrodes) : তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থটি যত তীব্র হইবে ইলেকট্রোডের মধ্যবর্তী বিভব প্রভেদও তত বেশি মাত্রায় প্রয়োগ করিতে হইবে। সোডিয়াম ক্লোরাইড জিঙ্ক ব্রোমাইড অপেক্ষা তীব্রতর তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ, সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে, জিঙ্ক ব্রোমাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিতে যে-বিভব প্রভেদ প্রয়োগ করা প্রয়োজন, তাহা অপেক্ষা বেশি বিভব প্রভেদ প্রয়োগ করিতে হইবে।

(ii) তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব বা মুক্তিবিভব (Discharge petential) : যে-অ্যানায়নের তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব বা মুক্তি বিভবের সংখ্যামান যত কম সেই অ্যানায়ন তত দ্রুত নির্দিষ্ট ইলেকট্রোডে প্রশমিত হইবে। যে-ক্যাটায়নের তড়িৎ-ক্ষরণ বিভবের সংখ্যামান যত কম সেই ক্যাটায়ন তত দ্রুত ক্যাথোডে প্রশমিত হইবে। তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব (discharge potential) ব্যবহৃত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের গাঢ়ত্বের উপর এবং তড়িৎ-দ্বারের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

(iii) তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে মৌলগুলির অবস্থান (Position of the elements in the electro-chemical series) : তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে যে-মৌলের অবস্থান যত নিচে সেই মৌলের আয়ন তত দ্রুত ক্যাথোডে মুক্ত হইবে (বিজারিত হইবে)। আবার তড়িৎ বিভব শ্রেণীতে যে-সকল অ্যানায়নের (anion) অবস্থান যত উপরে সে-সকল অ্যানায়ন তত শীঘ্র অ্যানোডে মুক্ত হইবে (জারিত হইবে)।

এই প্রসঙ্গে তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী সম্বন্ধে সামান্য পরিচিত হওয়া প্রয়োজন। মৌলগুলিকে এবং বিভিন্ন ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নগুলিকে তাহাদের পরা তড়িৎ-

ধর্মিতা (electropositive character) অনুযায়ী একটি শ্রেণীতে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে। এই শ্রেণীকে বলা হয় **তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী** (electrochemical series)। এই শ্রেণীতে যে (মৌল, ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন) যত নিম্নে অবস্থান করে সে তত শীঘ্র বিজারিত হইবে এবং যে যত উপরে অবস্থান করে সে তত দ্রুত জারিত হইবে। আমরা জানি, ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ বা বিজারণ ক্রিয়া ঘটে। সুতরাং দ্রবণে দুইটি ক্যাটায়ন উপস্থিত থাকিলে তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে নিম্নে অবস্থানকারী মৌলের ক্যাটায়নটি প্রথমে ক্যাথোডে মুক্ত হইবে। আবার অ্যানোডে ইলেকট্রন বর্জন বা জারণ ক্রিয়া ঘটে। সুতরাং দ্রবণে দুইটি অ্যানায়ন উপস্থিত থাকিলে তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে উপরে অবস্থানকারী আয়নটি প্রথমে অ্যানোডে মুক্ত হইবে। [এই পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ডে 'জারণ-বিজারণ' অধ্যায়ে এই বিষয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।]

[নিম্নের তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে বিভিন্ন মৌলের এবং আয়নের অবস্থান দেখান হইল—উপর হইতে নীচের দিকে পরাতড়িৎ ধর্মিতা হ্রাস পাইতেছে।

K
Na
Zn
Fe
Cd
Co
Ni
Sn
Pb
H
Sn
Cu
OH^-
I^-
Ag
Hg
Br^-
Cl^-
NO_3^-
SO_4

(iv) **ইলেকট্রোডের প্রকৃতি (Nature of electrode) :** তড়িৎ-বিশ্লেষণে উপজাত পদার্থটি কি হইবে তাহা ইলেট্রোডের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। কারণ, নির্দিষ্ট কোনও আয়নের বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে মুক্তি লাভের জন্য বিভিন্ন পরিমাণ বিভবের প্রয়োজন হইতে পারে।

যদি প্লাটিনাম ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া লঘু সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয় তাহা হইলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় অর্থাৎ হাইড্রোজেন আয়ন ক্যাথোডে প্রশমিত হয়। আবার যদি মারকারি (Hg) ক্যাথোড ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) প্রশমিত হইয়া সোডিয়াম অ্যামালগাম সৃষ্টি করে।

কপার ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া কপার সালফেট দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে ধাতব কপার সঞ্চিত হইবে কপার অ্যানোডে সালফেট আয়ন (SO_4^{--}) প্রশমিত হইয়া কপার সালফেট ($CuSO_4$ উৎপন্ন করিবে এবং অ্যানোড ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হইবে।

পক্ষান্তরে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া কপার সালফেট দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে কপার আয়ন (Cu^{++}) প্রশমিত হইবে এবং অ্যানোডে হাইড্রক্সিল আয়ন প্রশমিত হইবে।

(v) **দ্রবণের গাঢ়ত্ব (Concentration) :** তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে বিভিন্ন ক্যাটায়ন অথবা বিভিন্ন অ্যানায়ন উপস্থিত থাকিলে ক্যাথোডে অথবা অ্যানোডে কোন্ আয়ন প্রশমিত হইবে তাহা নির্দিষ্ট আয়নের আপেক্ষিক গাঢ়ত্বের

উপর নির্ভরশীল। গাঢ়ত্ব খুব বেশি হইলে অনেক সময়ে তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে অবস্থান অনুসারে প্রত্যাশিত উপজাত পদার্থ সৃষ্টি না হইয়া অন্য পদার্থ উৎপন্ন হইতে পারে। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে $SO_4^{=}$ আয়নের পরিবর্তে OH^- প্রশমিত হয়। $SO_4^{=}$ আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়িতে থাকিলে অ্যানোডে $SO_4^{=}$ আয়নের প্রশমন ঘটে।

একই কারণে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) প্রশমিত না হইয়া ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) প্রশমিত হইবে।

কতকগুলি পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis of some electrolytic material)

(a) সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণঃ প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন মুক্ত হয় এবং অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হয়। দ্রবণে জল এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের নিম্নলিখিত উপায়ে বিয়োজন ঘটে :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$$

অ্যানোডের দিকে OH^- আয়ন এবং $SO_4^{=}$ ধাবিত হয়, কিন্তু তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে OH^- এর স্থান $SO_4^{=}$ উপরে বলিয়া $SO_4^{=}$ প্রশমিত হইবার পূর্বে OH^- প্রশমিত হইয়া OH মূলকে রূপান্তরিত হয়। অতঃপর OH মূলক নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া H_2O এবং O_2 উৎপন্ন করে।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $2H^+ + 2e = H_2$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $4OH^- - 4e = 4OH$

$$4OH \quad = 2H_2O + O_2$$

$$4OH^- - 4e = 2H_2O + O_2$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘন দ্রবণ লইয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

HSO_4^- আয়নের গাঢ়ত্ব অধিক বলিয়া OH^- আয়নের আগে HSO_4^- অ্যানোডে প্রশমিত হইবে। প্রশমিত HSO_4 মূলক পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পার ডাই-সালফিউরিক $H_2S_2O_8$ গঠন করিবে। অতঃপর $H_2S_2O_8$ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড গঠন করিবে।

ক্যাথোডে : $2H^+ + 2e = H_2$

অ্যানোডে : $HSO_4^- - e = HSO_4$

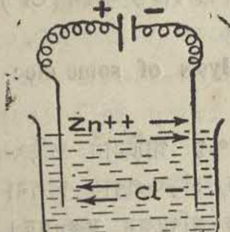
$$2HSO_4 = H_2S_2O_8$$
$$H_2S_2O_8 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + H_2O_2$$

স্পষ্টত H_2SO_4-এর পরিমাণ একই থাকিয়া যাইবে।

(b) জিঙ্ক ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ জলে দ্রবীভূত করিলে জিঙ্ক ক্লোরাইড ধনাত্মক আধানযুক্ত জিঙ্ক আয়নে (Zn^{++}) এবং ঋণাত্মক আধানযুক্ত ক্লোরাইড আয়নে বিয়োজিত হয় এবং জল H^+ এবং OH^- প্রদান করে।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$ZnCl_2 \rightleftharpoons Zn^{++} + 2Cl^-$$

দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে, ধনাত্মক আধানযুক্ত জিঙ্ক আয়ন ক্যাথোডে যাইয়া ক্যাথোড হইতে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া প্রশমিত হয় এবং ক্যাথোডে সঞ্চিত হইতে থাকে। ঋণাত্মক আধানযুক্ত ক্লোরাইড আয়ন অ্যানোডে যাইয়া ইলেকট্রন বর্জন করিয়া প্রশমিত হয় এবং গ্যাস হিসাবে মুক্তিলাভ করে। Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব OH^--এর গাঢ়ত্ব অপেক্ষা বেশি বলিয়া OH^--এর পরিবর্তে Cl^- আয়ন প্রশমিত হয়।



চিত্র 9.2

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $Zn^{++} + 2e = Zn$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $2Cl^- - 2e = Cl_2$

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষে বিক্রিয়া $Zn^{++} + 2Cl^- = Zn + Cl_2$

দ্রবণে উপস্থিত জিঙ্ক ক্লোরাইড সম্পূর্ণরূপে বিশ্লিষ্ট হইয়া যাইবার পর তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ হইয়া যাইবে, কারণ দ্রবণে আর কোনও আয়ন উপস্থিত থাকিবে না (চিত্র 9.2)।

(c) জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ জল মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ। সুতরাং জলের তড়িৎ-পরিবহণের ক্ষমতা কম। কিন্তু জলে যদি সামান্য পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়, তাহা হইলে জল তড়িতের সুপরিবাহী হয়, এবং তড়িৎ পরিচালনা করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। অ্যাসিডযুক্ত জলে নিম্নলিখিত বিয়োজন ঘটিয়া হাইড্রোজেন আয়ন H^+), হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) এবং সালফেট আয়ন ($SO_4^=$) উৎপন্ন হয়।

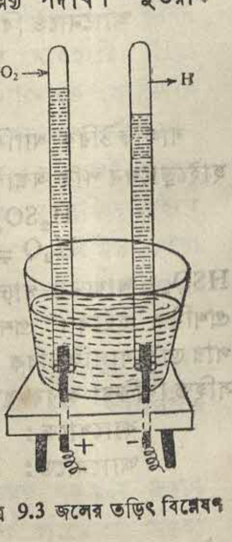
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^=$$
$$4H_2O \rightleftharpoons 4H^+ + 4OH^-$$

ক্যাথোডে $4H^+ + 4e = 2H_2$

অ্যানোডে $4OH^- - 4e = 4OH$

$4OH = 2H_2O + O_2$

$4OH^- - 4e = 2H_2O + O_2$



চিত্র 9.3 জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ

অতএব সামগ্রিক বিক্রিয়াটি হইল

$$4H^+ + 4e = 2H_2$$
$$4OH^- - 4e = 2H_2O + O_2$$
$$4H^+ + 4OH^- = 2H_2 + O_2 + 2H_2O$$

লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, দ্রবণে $SO_4^=$ এবং OH^- বর্তমান। কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে কেবলমাত্র OH^- অ্যানোডে প্রশমিত হইতেছে। দ্রবণে মিশ্রিত সালফিউরিক অ্যাসিড কেবলমাত্র দ্রবণের পরিবাহিতা বৃদ্ধি করিয়াছে। এই ক্ষেত্রে ক্যাথোডে $SO_4^=$ প্রশমিত না হইয়া OH^- প্রশমিত হইবার কারণ হইল তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে OH^- আয়নের অবস্থান $SO_4^=$ আয়নের উপরে ; অর্থাৎ OH^- আয়ন $SO_4^=$ আয়ন অপেক্ষা বেশি সহজে ইলেকট্রন ত্যাগ করিতে পারে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ সাম্যটি বিঘ্নিত হইবে এবং জল ক্রমশ বিশ্লেষিত হইয়া যাইবে (চিত্র 9.3)।

(d) কপার সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :

(i) কপার তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া : একটি পাত্রে কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে দুইটি কপার পাত ইলেকট্রোড হিসাবে ডুবান থাকে। পাত দুইটির একটি তড়িৎ-কোষের (Battery) ধনাত্মক মেরুর সহিত এবং অপরটি ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করিলে দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ শুরু হইবে। ইহার ফলে ক্যাথোডে কপার সঞ্চিত হইবে, কিন্তু অ্যানোডে $SO_4^=$ আয়ন প্রশমিত হইবে না। পরন্তু অ্যানোড হইতে কপার (Cu) কপার আয়ন (Cu^{++}) হিসাবে দ্রবণে চলিয়া আসিবে। ইহার ফলে ক্যাথোডের ওজন বৃদ্ধি পাইবে এবং অ্যানোডের ওজন হ্রাস পাইবে। অ্যানোডের ওজন যত পরিমাণ হ্রাস পাইবে ক্যাথোডের ওজন তত পরিমাণ বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইবে। দ্রবণে কপার সালফেটের গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকিয়া যাইবে। দ্রবীভূত অবস্থায় কপার সালফেট নিম্নলিখিতভাবে বিয়োজিত হয়।

$$CuSO \rightarrow Cu^{++} + SO_4^=$$

ক্যাথোডে $Cu^{++} + 2e = Cu\downarrow$

$SO_4^=$ আয়ন অ্যানোডের দিকে গমন করে বটে কিন্তু ইহা অ্যানোডে প্রশমিত হয় না, কারণ $SO_4^=$ আয়নের ইলেকট্রন ত্যাগের ক্ষমতা কপার পরমাণুর চেয়ে কম। তাই কপার অ্যানোড হইতে কপার আয়ন (Cu^{++}) দ্রবণে চলিয়া আসে। অর্থাৎ, অ্যানোডে $Cu \rightarrow Cu^{++} + 2e$ বিক্রিয়া ঘটে।

ফলত তড়িৎ-প্রবাহ চলা কালে অ্যানোড হইতে কপার ক্রমশ দ্রবীভূত হইয়া ক্যাথোডে জমা হয়, কপার সালফেটের গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকে।

(ii) প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া : কপার তড়িৎ-দ্বারের পরিবর্তে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিলে তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে

কপার এবং অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হইবে। ঘটনাটি নিম্নলিখিতভাবে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে।

$$CuSO_4 \rightarrow Cu^{++} + SO_4^{=}$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $Cu^{++} + 2e = Cu$

যেহেতু তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে কপারের অবস্থান হাইড্রোজেনের নিচে তাই হাইড্রোজেনের আগে কপার আয়ন (Cu^{++}) ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হইয়া যায়। আবার তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে OH^- আয়নের স্থান $SO_4^{=}$ আয়নের উপরে বলিয়া OH^- আয়ন $SO_4^{=}$ আয়নের আগে জারিত হইয়া যায়। অর্থাৎ OH^- আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন বর্জন করিয়া OH মূলকে পরিণত হয়। কিন্তু OH মূলকের স্থায়িত্ব নাই বলিয়া OH মূলক পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া O_2 এবং H_2O উৎপন্ন করে।

অ্যানোডে বিক্রিয়া $4OH^- - 4e = 4OH$

$$4OH = 2H_2O + O_2$$

$$4OH^- - 4e = 2H_2O + O_2$$

$SO_4^{=}$ আয়ন হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $2H^+ + SO_4^{=} \rightleftharpoons H_2SO_4$ সুতরাং দ্রবণ হইতে কপার সালফেট দূরীভূত হয় এবং দ্রবণে তুল্যাঙ্ক পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(e) **সোডিয়াম সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** সোডিয়াম সালফেট-কে জলে দ্রবীভূত করিলে সোডিয়াম আয়ন এবং সালফেট আয়ন উৎপন্ন হয়।

$$Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{=}$$

আবার জলও বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন আয়ন এবং হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে Na^+ এবং H^+ ক্যাথোডের দিকে ধাবিত হয় এবং যেহেতু হাইড্রোজেন তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে সোডিয়ামের নিচে অবস্থিত, তাই Na^+-এর পূর্বে H^+ বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস হিসাবে মুক্তিলাভ করে। অনুরূপ কারণে অ্যানোডে $SO_4^{=}$ আয়নের পরিবর্তে OH^- আয়ন প্রশমিত হইয়া অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন করিবে। সুতরাং Na_2SO_4-কে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে Na_2SO_4 বিশ্লেষিত না হইয়া জল বিশ্লেষিত হইবে। Na_2SO_4-এর পরিমাণের কোনও পরিবর্তন হইবে না।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $4H^+ + 4e = 2H_2$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $4OH^- - 4e = O_2 + 2H_2O$

মোট বিক্রিয়া $4H^+ + 4OH^- = 2H_2 + O_2 + 2H_2O$

(f) সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :

(i) প্লাটিনাম ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া : যদি সোডিয়াম ক্লোরাইডের লঘু দ্রবণ লওয়া হয় এবং প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হইবে। অর্থাৎ এই ক্ষেত্রে জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ হইবে।

$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে Na^+ এবং H^+ ক্যাথোডের দিকে গমন করিবে কিন্তু Na^+-এর আগে হাইড্রোজেন ক্যাথোডে মুক্ত হইবে, কারণ তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেন Na^+-এর নিচে অবস্থিত। OH^- এবং Cl^- উভয়ই অ্যানোডের দিকে গমন করিবে। কিন্তু তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে OH^--এর স্থান Cl^--এর উপরে বলিয়া Cl^--এর আগে OH^- প্রশমিত হইবে।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $4H^+ + 4e = 2H_2$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $4OH^- - 4e = 2H_2O + O_2$

(ii) গ্রাফাইট ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া NaCl দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : এই ক্ষেত্রে ক্যাথোডে H^+ আয়ন প্রশমিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে এবং অ্যানোডে Cl^- আয়ন প্রশমিত হইয়া ক্লোরিন গ্যাস মুক্ত হইবে। এই ক্ষেত্রে OH^- আয়নের পরিবর্তে Cl^- আয়ন প্রশমিত হইবার কারণ, Cl^- আয়নের অধিক গাঢ়ত্ব এবং গ্রাফাইট ইলেকট্রোডের উপস্থিতি। গ্রাফাইট ইলেকট্রোডের উপস্থিতিতে OH^- আয়ন অপেক্ষা Cl^- আয়নের ইলেকট্রন বর্জন ক্ষমতা বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। অর্থাৎ তড়িৎ-ক্ষরণ-বিভবের সংখ্যামান (discharge potential) কমিয়া যায়।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $2H^+ + 2e = H_2 \uparrow$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $2Cl^- - 2e = Cl_2 \uparrow$

(iii) মারকারি ক্যাথোড এবং গ্রাফাইট অ্যানোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে সোডিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হইবে। ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম মারকারির সহিত অ্যামালগাম (amalgam) প্রস্তুত করিবে।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোডে $Na^+ + e = Na$

$Na + Hg = Na/Hg$ অ্যামালগাম

অ্যানোডে $2Cl^- - 2e = Cl_2 \uparrow$

মারকারী ইলেকট্রোডের উপস্থিতিতে Na-এর 'ক্ষরণ-বিভবের' সংখ্যামান বা 'মুক্তি বিভব' কমিয়া যায়, এবং হাইড্রোজেনের ক্ষরণ-বিভবের সংখ্যামান বাড়িয়া যায়।

[দ্রষ্টব্য : ক্যাটায়নগুলিকে জারণ বিভব এবং অ্যানায়নগুলিকে বিজারণ বিভবের ক্রমহ্রাসমান মান অনুসারে সাজাইলে সাধারণ নিয়ম অনুযায়ী দুইটি প্রতিদ্বন্দ্বী ক্যাটায়নের মধ্যে যাহার স্থান নিম্নে তাহা আগে বিজারিত হইবে এবং দুইটি প্রতিদ্বন্দ্বী অ্যানায়নের মধ্যে যাহার অবস্থান নিম্নে তাহা আগে জারিত হইবে। তাছাড়া মুক্তিবিভবের সংখ্যামানের কথা বিবেচনা করিলে তুলনামূলকভাবে কম সংখ্যামানের মুক্তি বিভবযুক্ত আয়ন অধিকতর মুক্তি বিভবসম্পন্ন আয়নের আগে নির্দিষ্ট ইলেকট্রোডে প্রশমিত হইবে।]

অতিবিভব (Overvoltage) : উপরের উদাহরণগুলি হইতে আমরা দেখিতে পাইতেছি যে নিষ্ক্রিয় ইলেকট্রোড (প্লাটিনাম) ব্যবহার করিলে নির্দিষ্ট ইলেকট্রোড গুলিতে যে-সকল আয়ন প্রশমিত বা মুক্ত হইবার কথা, অন্য ইলেকট্রোড ব্যবহারের ফলে তাহার ব্যতিক্রম ঘটে। এই ব্যতিক্রম ঘটার কারণ হইল 'অতিবিভব' (overvoltage)। এখন আমাদিগকে জানিতে হইবে অতিবিভব কি? কোনও ধাতুকে উহার কোনও লবণের দ্রবণে নিমজ্জিত করিলে দেখা যায় যে, ধাতুটি আয়নিত হয়। সুতরাং ধাতব জিঙ্ক, জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে নিমজ্জিত করিলে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটে। $Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e$

দেখা গিয়াছে যে, ধাতব Zn, Zn^{++} সংস্পর্শে থাকিলে একটি তড়িৎ-বিভব (Electric potential) সৃষ্টি হয়। এই বিভবকে বলা হয় 'তড়িৎ-দ্বার বিভব' (Electrode potential) বা 'জারণ বিভব'। এই ব্যবস্থাটিকে (system) বলা হয় অর্ধ-তড়িৎ কোষ (half-cell)। ইহাকে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা হয়।

$$Zn/Zn^{++} \text{ অথবা } M/M^{+n}$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, Zn/Zn^{++} হইতে তড়িৎশক্তি পাওয়া সম্ভব। যদি ইহার তড়িৎদ্বার-বিভব x ভোল্ট হয় এবং বাহির হইতে x ভোল্ট বিভব দ্রবণে প্রয়োগ করা হয়, তাহা হইলে বিপরীত বিক্রিয়া ঘটিবে। অর্থাৎ Zn^{++}, Zn ধাতুতে পরিণত হইবে। (তড়িৎ-বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে $Zn^{++} + 2e \rightarrow Zn$ ইহাই ঘটে)

সুতরাং তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় প্রযুক্ত বিভব যদি ইলেকট্রোডের জারণ বিভবের সমান হয় তাহা হইলে আয়নটির মুক্ত হওয়া উচিৎ। কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, কোনও নির্দিষ্ট আয়ন মুক্ত করিতে প্রয়োজনীয় বিভবের অতিরিক্ত বিভব দরকার হয়। অর্থাৎ ক্ষরণের বা মুক্তির জন্য প্রয়োজনীয় বিভব বাড়িয়া যায়। এই অতিরিক্ত বিভবকে বলা হয় 'অতি বিভব' (overvoltage) যদি Zn/Zn^{++} ইলেকট্রোডের জারণ বিভব x ভোল্ট হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে উহার ক্ষরণ বিভব $(x+\triangle x)$ ভোল্ট হয়, তাহা হইলে 'অতিবিভব' হইল $\triangle x$ ভোল্ট।

আমরা জানি ক্যাথোডে বিজারণ হয় এবং অ্যানোডে জারণ ঘটে। যদি $Cl^-/\frac{1}{2}Cl_2$ ইলেকট্রোডের বিজারণ বিভব y ভোল্ট হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে উহার ক্ষরণের জন্য প্রয়োজনীয় বিভব $(y+\triangle y)$ ভোল্ট হয় তাহা হইলে এই ক্ষেত্রে অতিবিভবের পরিমাণ $\triangle y$ ভোল্ট।

তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে যে-ব্যতিক্রমগুলি ঘটে তাহার কারণ এই 'অতিবিভব' NaCl দ্রবণকে মারকারি ক্যাথোডের দ্বারা তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে সোডিয়াম মুক্ত হয়। ইহার আসল কারণ হইল হাইড্রোজেনের 'অতিবিভব'-এর ফলে হাইড্রোজেন আয়নের মুক্তিলাভের জন্য প্রয়োজনীয় বিভব সোডিয়ামের তুলনায় বাড়িয়া যায়। গ্রাফাইট অ্যানোড ব্যবহার করিয়া ঘন NaCl দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে OH^--এর পরিবর্তে Cl^- জারিত হয়। এই ক্ষেত্রে OH^--এর 'অতি বিভব'-এর জন্য Cl^--এর মুক্তির জন্য তুলনামূলকভাবে কম বিভবের প্রয়োজন হয়।

[দ্রষ্টব্য: 'অতিবিভব'-কে অনেক সময় 'পোলারাইজেসন বিভব' (Polarisation potential) বলা হয়।]

ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র (Faraday's law of electrolysis): আমরা পূর্বেই জানিতে পারিয়াছি যে, কোনও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্যাথোডে ক্যাটায়ন প্রশমিত হইয়া সঞ্চিত বা মুক্ত হয় এবং অ্যানোডে অ্যানায়ন প্রশমিত হইয়া সঞ্চিত বা মুক্ত হয়। কত পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহিত করিলে কি পরিমাণ ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন বিমুক্ত হইবে সেই বিষয়ে বিখ্যাত ব্রিটিশ বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে 1832 খ্রীস্টাব্দে দুইটি সূত্র দেন। তাহাই **ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র** নামে খ্যাত। বলাই বাহুল্য বিভিন্ন পরীক্ষা-নিরীক্ষা করিয়া তিনি সূত্রগুলি প্রদান করেন।



9.4 মাইকেল ফ্যারাডে

ফ্যারাডের প্রথম সূত্র: তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে যে-কোন ইলেকট্রোডে উৎপন্ন পদার্থের ওজন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতিক।

ব্যাখ্যা: যদি c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ t সেকেণ্ড ধরিয়া কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে প্রবাহিত হয় তাহা হইলে আমরা জানি দ্রবণে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ Q হইবে $c \times t$ কুলম্ব এবং যদি $c \times t$ কুলম্ব তড়িৎ যে-কোনও ইলেকট্রোডে W গ্রাম পদার্থ উৎপন্ন করে তাহা হইলে ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে,

$$W \propto Q$$
$$\propto c \times t$$
$$\therefore W = ZQ$$
বা $$W = Z \times c \times t$$

যখন Z=ধ্রুবক, $Q=c\times t$। Z-কে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (electro-chemical equivalent) বলা হয়।

তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা : $W=Z\times c\times t$

যদি 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 সেকেণ্ড ধরিয়া কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয় তাহা হইলে $Q=c\times t=1$ কুলম্ব

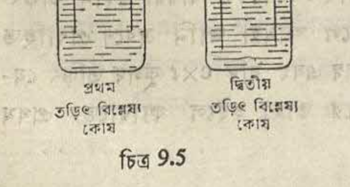
$$\therefore \quad W=Z$$

সুতরাং কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া এক কুলম্ব তড়িৎ অথবা 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে অথবা অ্যানোডে কোন পদার্থের যত পরিমাণ সঞ্চিত অথবা মুক্ত হয় তাহা সেই পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে 0·001118 গ্রাম সিলভার মুক্ত হয়। সুতরাং সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 গ্রাম/কুলম্ব। অনুরূপভাবে পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·0000104 গ্রাম/কুলম্ব।

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র : বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইলে বিভিন্ন ইলেকট্রোডে সঞ্চিত অথবা মুক্ত পদার্থের ওজন পদার্থগুলির নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক। অন্যভাবে বলিতে গেলে, **বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করিলে তড়িৎ-দ্বারে বা ইলেকট্রোডে পদার্থগুলি নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতে সঞ্চিত বা মুক্ত হয়।**

ধরা যাক, দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণে (চিত্র 9.5) সমপরিমাণ তড়িৎ Q কুলম্ব প্রবাহিত করা হইল। ধরা যাক, প্রথম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষের ক্যাথোডে একটি মৌলের W_1 গ্রাম মুক্ত হইল এবং দ্বিতীয় কোষের ক্যাথোডে অপর একটি মৌলের W_2 গ্রাম মুক্ত হইল। যদি উহাদের তুল্যাঙ্ক ভার যথাক্রমে E_1 এবং E_2 হয় তাহা হইলে



চিত্র 9.5

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_1}{E_2}$$

প্রথম সূত্রানুসারে,

$W_1=Z_1Q$ [Z_1=প্রথম মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক]

$W_2=Z_2Q$ [Z_2=দ্বিতীয় মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক]

$$\therefore \frac{W_1}{W_2}=\frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{এবং} \quad \frac{Z_1}{Z_2}=\frac{E_1}{E_2}$$

বা, $\dfrac{\text{প্রথম মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{দ্বিতীয় মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$

$=\dfrac{\text{প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{দ্বিতীয় মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$

যদি দ্বিতীয় মৌলটি হাইড্রোজেন হয় তাহা হইলে

$\dfrac{\text{প্রথম মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$

$=\dfrac{\text{প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$

$=\dfrac{\text{প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{1}$

[হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার=1]

∴ প্রথম মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক=প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ×হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

=প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক×0·0000104

∴ কোন মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

=মৌলটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক×0·0000104

ফ্যারাডেঃ ফ্যারাডের স্বত্র দুইটি যুক্ত করিলে আমরা পাই,

$W \propto Q$ (প্রথম স্বত্র)

$W \propto E$ (দ্বিতীয় স্বত্র)

$\therefore W \propto QE$

বা $W=\frac{1}{F}.Q.E$ যখন $\frac{1}{F}$=ধ্রুবক

যদি $Q=F$ হয় তাহা হইলে $W=E$

স্থতরাং কোনও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া F পরিমাণ তড়িৎ চালনা করিলে তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত যে-কোন পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত ওজন পদার্থটির গ্রাম তুল্যাঙ্কভারের সমান হইবে, অর্থাৎ F পরিমাণ তড়িৎ-পদার্থটির এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক তড়িৎ-দ্বারে বিমুক্ত করিবে। **যত পরিমাণ তড়িৎ কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে চালনা করিলে তড়িৎ-দ্বারে কোন পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ মুক্ত হয় তাহার মান ধ্রুবক এবং তাহাকে এক ফ্যারাডে তড়িৎ বলা হয় এবং সাধারণত ইহাকে 'F' অক্ষরের দ্বারা প্রকাশ করা হয়।**

পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্যে 1 কুলম্ব তড়িৎ চালনা করিলে 0·001118 গ্রাম সিলভার ক্যাথোডে মুক্ত হয়। যেহেতু সিলভারের তুল্যাঙ্কভার 107·88, এক গ্রাম তুল্যাঙ্কভার সিলভার মুক্ত করিতে $\frac{1 \times 107 \cdot 88}{0 \cdot 001118}$ কুলম্ব বা 96494 কুলম্ব তড়িতের প্রয়োজন হইবে। সুতরাং এক ফ্যারাডে তড়িৎ বলিতে 96494 কুলম্ব তড়িৎ বুঝায়। যেহেতু 96494 কুলম্ব প্রায় 96500 কুলম্বের সমান এবং যেহেতু 96494 কুলম্বের পরিবর্তে 96500 কুলম্ব ব্যবহার করিলে রাসায়নিক গণনার ফলাফলে কোনও উল্লেখযোগ্য ত্রুটি দেখা দেয় না, তাই ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এক ফ্যারাডে তড়িৎ 96500 কুলম্বের সমান ধরা হয়। এক ফ্যারাডে তড়িৎ অথবা 96500 কুলম্ব তড়িৎ যে-কোন মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক নির্দিষ্ট তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত করিবে। সুতরাং ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি যুক্ত করিয়া পাই,

$$W = \frac{QE}{F} \quad \text{অথবা} \quad W = \frac{c \times t \times E}{F}$$

আবার আমরা জানি, কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার $E = \frac{A}{n}$ যখন মৌলটির পারমাণবিক ওজন A এবং নির্দিষ্ট তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যৌগে মৌলটির যোজ্যতা n

$$\therefore \quad W = \frac{E}{F} c \times t \qquad = \frac{A}{nF} c \times t$$

আবার $W = Z \times c \times t$ [Z=মৌলটির তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক]

$$\therefore \quad \frac{A}{nF} = Z$$

ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রের তাৎপর্য : এক ফ্যারাডে তড়িৎ-অথবা 96500 কুলম্ব তড়িৎ কোনও মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক নির্দিষ্ট ইলেকট্রোডে মুক্ত করে, এবং যেহেতু দ্রবণে তড়িৎ আয়ন দ্বারা পরিবাহিত হয়, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ যে-কোন আয়ন এক ফ্যারাডে বা 96500 কুলম্ব তড়িদাধান বহন করে।

ধরা যাক, কোন মৌলের যোজ্যতা n এবং উহার পারমাণবিক ওজন A। সুতরাং মৌলটির তুল্যাঙ্কভার $\frac{A}{n}$

∴ মৌলটির $\frac{A}{n}$ গ্রাম মুক্ত হইতে F পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন

∴ " A " " " nF " " "

অর্থাৎ " এক গ্রাম-পরমাণু " nF " " "

বা " এক গ্রাম আয়ন " nF " " "

আবার আমরা জানি, এক গ্রামআয়নে কোন পদার্থের আয়নের সংখ্যা=N, যখন N = অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা $= 6 \cdot 023 \times 10^{23}$

∴ মৌলটির N সংখ্যক আয়ন মুক্ত হইতে nF পরিমাণ তড়িত প্রয়োজন

বা ,, 1 টি ,, $\frac{nF}{N}$,, ,,

সুতরাং প্রত্যেকটি আয়নের আধানের পরিমাণ $= n \times \frac{F}{N}$ যখন $n = 1, 2,$ 3 ইত্যাদি হইতে পারে। যদি $n = 1$ হয়, তাহা হইলে একযোজী আয়নের (যেমন Na^+) আধানের পরিমাণ $= \frac{F}{N}$

একটি পরমাণু একটি ইলেকট্রন ত্যাগ অথবা গ্রহণ করিয়া একযোজী (univalent) আয়নের সৃষ্টি করে।

∴ একটি ইলেকট্রনের আধান (charge) $e = \frac{F}{N}$

সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে, মৌলগুলি যেমন কতকগুলি ক্ষুদ্রতম পরমাণু দ্বারা গঠিত, তড়িৎও সেই রূপ কতকগুলি ক্ষুদ্রতম তড়িতের পরিমাণের সমষ্টি যাহার মান একটি ইলেকট্রনের আধানের সমান অথবা যাহার মান $\frac{F}{N}$-এর সমান।

$$e = \frac{F}{N} \quad \therefore \quad F = Ne$$

∴ এক ফ্যারাডে তড়িৎ বলিতে বুঝি N-সংখ্যক ক্ষুদ্রতম তড়িতের মোট পরিমাণ।

গলিত পদার্থের মধ্য দিয়া অথবা বিশুদ্ধ তরল পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎ-পরিবহণ (Conduction of electricity through molten state of substances) : পূর্বেই বলা হইয়াছে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বিগলিত অবস্থায়ও তড়িৎ-পরিবহণ করিতে পারে। বস্তুতপক্ষে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি কঠিন অবস্থাতেও আয়নদ্বারা গঠিত। কঠিন অবস্থায় আয়নগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল অধিক বলিয়া আয়নগুলি পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে না। তাই কঠিন অবস্থায় ইহারা তড়িৎ-পরিবহণে অক্ষম। কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগ করিলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের অণুগুলির মধ্যে কম্পন (vibration) বাড়িয়া যায়। অধিক উত্তাপে পদার্থটি গলিয়া যায় এবং অতিরিক্ত কম্পনের ফলে আয়নগুলি পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া মুক্ত আয়ন হিসাবে গলিত তরলে অবস্থান করে। এই অবস্থায় আয়নগুলির গতিশীল হওয়া সম্ভব বলিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্যাটায়ন ক্যাথোডে এবং অ্যানায়ন অ্যানোডে মুক্ত হয়।

গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : কাস্টনার পদ্ধতিতে (Castner Process) অনার্দ্র সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ধাতব সোডিয়ামের পণ্য উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে আয়রন

ক্যাথোড এবং নিকেল অ্যানোড ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোডে সোডিয়াম এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হয়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $Na^+ + e = Na$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $4OH^- - 4e = 4OH$

$$4OH = 2H_2O + O_2$$

যে-জল অ্যানোডে উৎপন্ন হয় তাহা আবার তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইয়া ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Down's Process) : এই পদ্ধতিতে বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ইহাতে কার্বন অ্যানোড এবং আয়রন ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ক্যাথোডে সোডিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত হয়।

$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোডে $Na^+ + e = Na$

অ্যানোডে $2Cl^- - 2e = Cl_2$

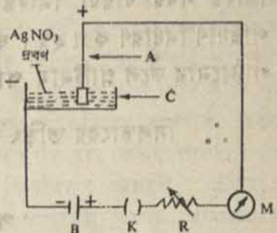
তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের জলে দ্রবীভূত অবস্থায় বিয়োজনের কারণ : তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলির মধ্যে তড়িৎ-যোজ্যতা বর্তমান বলিয়া ইহাদের অণুগুলিতে পরাতড়িৎ-ধর্মী আয়ন অপরাতড়িৎ-ধর্মী আয়নের সহিত স্থির তড়িদাকর্ষণে আবদ্ধ থাকে। কুলম্বের সূত্র অনুযায়ী দুইটি বিপরীত তড়িদাধানের মধ্যে আকর্ষণ-বল $F = \frac{1}{d} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

যখন Q_1 এবং Q_2 দুইটি আধানের পরিমাণ, F দুইটি আধানের মধ্যে আকর্ষণ বল। r দুইটি আধানের মধ্যে দূরত্ব এবং d একটি ধ্রুবক। ইহার নাম ডাইলেকট্রিক ধ্রুবক (dilectric constant)। ইহা মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। d-এর মান অধিক হইলে F-এর মান কমিয়া যাইবে অর্থাৎ বিয়োজন ঘটিবে। সাধারণ তাপমাত্রায় যে-সকল তরল-পদার্থ পাওয়া যায় তাহাদের মধ্যে জলের ডাইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান সর্বাপেক্ষা বেশি। তাই তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি জলে দ্রবীভূত করিলেই বিয়োজিত হইয়া পড়ে।

ফ্যারাডের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ

প্রথম সূত্র : (a) C একটি প্লাটিনাম পাত্র। ইহা ক্যাথোডরূপে কাজ করে। A একটি সিলভার পাত প্লাটিনাম পাত্রে অবস্থিত লঘু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে আংশিকভাবে ডুবান আছে। ইহা প্লাটিনাম পাত্র C-কে স্পর্শ করে নাই। ইহা অ্যানোড হিসাবে কাজ করে। M হইল অ্যামিটার, R রিওস্টাট। B ব্যাটারী এবং K তড়িৎ-প্রবাহ চালু করার চাবি। পরীক্ষা শুরু করার আগে প্লাটিনাম পাত্রটিকে সঠিকভাবে ওজন করা হয়। চাবি K-এর সাহায্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালু

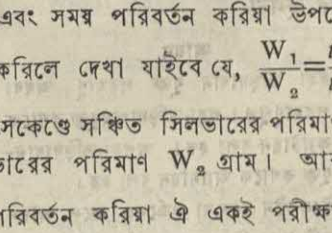
করিয়া অ্যামিটার M-এর সাহায্যে তড়িৎ-প্রবাহ মাপিয়া এবং স্টপওয়াচের সাহায্যে সময় মাপিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করা হয়। অতঃপর প্লাটিনাম পাত্রের দ্রবণটি ফেলিয়া ভালভাবে ধৌত করিবার পর উত্তমরূপে শুষ্ক করিয়া ওজন লওয়া হয়। প্লাটিনাম পাত্রটির ওজন বৃদ্ধি হইতে ক্যাথোডে সঞ্চিত সিলভারের ওজন পাওয়া যায়। তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ স্থির রাখিয়া এবং সময় পরিবর্তন করিয়া উপরের পরীক্ষাটি করিলে দেখা যাইবে যে, $\frac{W_1}{W_2}=\frac{t_1}{t_2}$ যখন t_1 সেকেণ্ডে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ W_1 গ্রাম এবং t_2 সেকেণ্ডে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ W_2 গ্রাম। আবার, সময় স্থির রাখিয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ পরিবর্তন করিয়া ঐ একই পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে, $\frac{W_3}{W_4}=\frac{c_3}{c_4}$ যখন c_3 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহে W_3 গ্রাম সিলভার মুক্ত হয় এবং c_4 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহে W_4 গ্রাম সিলভার মুক্ত হয় (চিত্র 9.6)।



চিত্র 9.6 ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ

$$\therefore \quad W \propto c \times t$$

দ্বিতীয় সূত্র ঃ (b) চিত্রানুযায়ী (9.7) তিনটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কপার সালফেট দ্রবণ এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ লওয়া হইল। স্পষ্টত ইহারা শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত আছে। নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ পাঠানোর পূর্বে দ্বিতীয় এবং তৃতীয় কোষের ক্যাথোডের ওজনগুলি সঠিকভাবে নির্ধারণ করা হয়। তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিবার পর দ্বিতীয় ও তৃতীয় কোষের ক্যাথোডগুলির ওজন বৃদ্ধি হইতে সঞ্চিত কপার এবং সিলভারের ওজন পাওয়া যায়।



9.7 ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের পরীক্ষা

প্রথম কোষে সঞ্চিত হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রায় আনিয়া নিজ নিজ ঘনত্ব দ্বারা গুণ করিলে উহাদের ওজন পাওয়া যায়। যদি W_1 গ্রাম হাইড্রোজেন, W_2 গ্রাম ক্লোরিন W_3 গ্রাম কপার এবং W_4 গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হয় এবং উহাদের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে যদি E_1, E_2, E_3 এবং E হয়। তাহা হইলে দেখা যাইবে

$$\frac{W_1}{E_1}=\frac{W_2}{E_2}=\frac{W_3}{E_3}=\frac{W_4}{E_4}$$

সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় ঃ ফ্যারাডের প্রথম

সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণে যে-রকম ব্যবস্থা করা হইয়াছে ঐ রকম ব্যবস্থা করিয়া নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইয়া সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়। ধরা যাক, c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ t সেকেণ্ড ধরিয়া পাঠানোর ফলে প্লাটিনাম পাত্রে W গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হইল।

$\therefore$ সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $Z=\frac{W}{c\times t}$ গ্রাম/কুলম্ব

পরমাণু এবং আয়নের তুলনা

পরমাণু	আয়ন
1. ইহা মৌলের ক্ষুদ্রতম তড়িৎবিহীন কণা।	1. ইহা তড়িদাধান যুক্ত পরমাণু অথবা পরমাণুপুঞ্জ। পরা-তড়িদাধানযুক্ত কণাকে ক্যাটায়ন বলা হয়। অপরা-তড়িদাধান-যুক্ত কণাকে অ্যানায়ন বলা হয়।
2. পরমাণুর স্বাভাবিক ইলেকট্রন সজ্জা বর্তমান থাকে।	2. ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জনের ফলে আয়ন সৃষ্টি হয় বলিয়া আয়নে ইলেকট্রন সজ্জা পরিবর্তিত হয় এবং উহা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বহিঃকক্ষের ইলেকট্রন সজ্জা লাভ করে।
3. পরমাণু তুলনামূলক ভাবে অধিকতর সক্রিয়।	3. নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন সজ্জা লাভের ফলে আয়ন তুলনামূলকভাবে কম সক্রিয়।

তড়িৎ-বিয়োজন এবং তাপ-বিয়োজনের পার্থক্য

তাপ-বিয়োজন	তড়িৎ-বিয়োজন
1. উত্তাপ প্রয়োগে কোনও যৌগকে বিয়োজিত করাকে তাপ বিয়োজন বলে। $NH_4Cl \overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons} NH_3+HCl$	1. জলে দ্রবীভূত করার ফলে অথবা গলিত অবস্থায় যদি কোন যৌগ আয়নে বিয়োজিত হয়, সেই বিয়োজনকে তড়িৎ-বিয়োজন বলে $NaCl \rightarrow Na^++Cl^-$ $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^++OH^-$
2. তাপ-বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলি প্রশম অণু অথবা পরমাণু হয়।	2. তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলি তড়িদাধান যুক্ত পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ হয়। ইহাদিগকে আয়ন বলে।
3. তাপ-বিয়োজনে কোনও মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।	3. তড়িৎ-বিয়োজনে সাধারণত মাধ্যমের (দ্রাবকের) প্রয়োজন হয়। তবে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিয়োজনে মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।
4. তাপ-বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলিকে সহজ যান্ত্রিক পদ্ধতিতে আলাদা করা সম্ভব। (যথা, ব্যাপন, দ্রবণ ইত্যাদি)	4. উৎপন্ন আয়নগুলিকে সহজ যান্ত্রিক পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না কারণ বিপরীত তড়িৎ-যুক্ত আয়নগুলির মধ্যে প্রবল তড়িদাকর্ষণ বল বর্তমান থাকে।

তাপ-বিয়োজন	তড়িৎ-বিয়োজন
5. তাপ-বিয়োজন একটা উভমুখী প্রক্রিয়া। তাপ প্রয়োগ করিলে বিয়োজন ঘটে এবং তাপ অপসারণের ফলে বিয়োজিত পদার্থগুলি সংযুক্ত হইয়া আদি যৌগ গঠন করে।	5. তড়িৎ-বিয়োজনও একটি উভমুখী প্রক্রিয়া। দ্রবীভূত অবস্থায় অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ আয়নিত হয়। দ্রাবক অপসারিত করিলে অথবা বিগলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থকে শীতল করিলে আদি যৌগ ফিরিয়া পাওয়া যায়।
6. যেহেতু তাপ-বিয়োজন একটি উভমুখী প্রক্রিয়া সুতরাং সাম্যবস্থায় তাপমাত্রা চাপ অথবা উপাদানের গাঢ়ত্বের পরিবর্তনে সাম্যাবস্থা পরিবর্তিত হইবে।	6. তড়িৎ-বিয়োজন উভমুখী প্রক্রিয়া। সুতরাং তাপমাত্রা অথবা সাম্যাবস্থায় উপস্থিত যে-কোন আয়নের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হইবে। এই ক্ষেত্রে চাপের পরিবর্তনের কোন প্রভাব থাকিবে না, কারণ পদার্থগুলি গ্যাসীয় নহে।
7. তাপ-বিয়োজনে উৎপন্ন যে-কোন একটি পদার্থ অপসারিত করিলে তাপ-বিয়োজন সম্পূর্ণ হইবে।	7. তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি জলে দ্রবীভূত করিলে সম্পূর্ণ রূপে বিয়োজিত হয়। মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলির দ্রবণ খুব লঘু করিলে সম্পূর্ণ বিয়োজিত হয় (infinite dilution)।

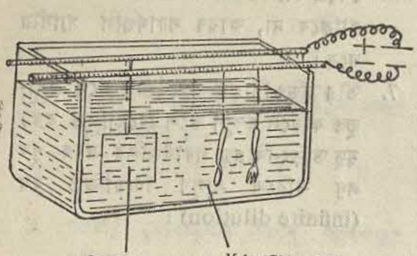
বিয়োজন এবং বিযোজন বা বিভঞ্জনের পার্থক্য (Difference between dissociation and decompostion)ঃ উভয় ক্ষেত্রেই যৌগিক অণু বিভক্ত হইয়া তুলনামূলকভাবে সরল অণুতে (যৌগিক অথবা মৌলিক) পরিণত হয়। কিন্তু বিয়োজনের ক্ষেত্রে বিয়োজনের কারণ দূরীভূত হইলে বিয়োজিত অণুগুলি পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মূল অণু গঠন করে। বিভঞ্জনের ক্ষেত্রে ইহা হয় না। অর্থাৎ বিভঞ্জনের কারণ দূরীভূত হইলে মূল অণুতে ফিরিয়া আসা সম্ভব নহে। কয়েকটি উদাহরণ দিলে উহা বুঝা যাইবে।

NaCl জলে দ্রবীভূত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া Na^+ এবং Cl^- গঠন করে। বাষ্পীভবনের দ্বারা জল অপসারিত করিলে পুনরায় NaCl উৎপন্ন হয়। বদ্ধ পাত্রে NH_4Cl উত্তপ্ত করিলে উহা NH_3 এবং HCl-এ বিয়োজিত হইয়া সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়। অতঃপর উহাকে শীতল করিলে পুনরায় NH_4Cl উৎপন্ন হয়। এই দুইটি বিয়োজনের উদাহরণ, আবার HgO-কে বদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে Hg এবং O_2 উৎপন্ন হয়। অতঃপর উহাকে শীতল করিলে আবার HgO উৎপন্ন হয় না। সুতরাং ইহা বিভঞ্জন। অনুরূপভাবে Ag_2O-কে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে Ag এবং O_2-এ বিভঞ্জিত, হয় কিন্তু শীতল করিলে Ag_2O উৎপন্ন হয় না। ইহাও বিভঞ্জনের অপর একটি উদাহরণ (তবে অনেক সময় বিয়োজন এবং বিভঞ্জন সমার্থে ব্যবহৃত হয়।)

শিল্পে তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ (Application of electricity in industry) ঃ

(1) **ধাতু নিষ্কাশন ঃ** সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি ধাতু তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়। গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয়। গলিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ধাতব ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

(2) **তড়িৎ-লেপন (Electroplating) ঃ** আয়রন, কপার ইত্যাদি ধাতু নির্মিত দ্রব্যগুলি জলবায়ু দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং উহাদের ঔজ্জ্বল্য নষ্ট হয়। ক্ষয় রোধ করিতে এবং ঔজ্জ্বল্য বৃদ্ধি করিতে এই সকল ধাতু-নির্মিত দ্রব্যের উপর নিকেল, ক্রোমিয়াম, জিঙ্ক ইত্যাদি ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয়। ইহা সাধারণত তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া করা হয়। যে-দ্রব্যটিকে তড়িৎ-লেপন করিতে হইবে তাহাকে ক্যাথোড করা হয় এবং যে-ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হইবে সেই ধাতুর একটি পাতকে অ্যানোড করিতে হয়। যে-ধাতু দিয়া অ্যানোড গঠিত সেই ধাতুর একটি দ্রবণীয় লবণকে জলে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থরূপে ব্যবহার করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্যাথোডের উপর অ্যানোড ধাতুর আস্তরণ পড়ে। প্রলেপন সম্পূর্ণ হইলে বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ করা হয়। সিলভার প্রলেপন করিতে হইলে বিশুদ্ধ সিলভার অ্যানোড হিসাবে এবং পটাসিয়াম আরজেন্টো সায়নাইড [$KAg(CN)_2$]-কে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপে ব্যবহার করা হয়। যাহার উপর সিলভার প্রলেপন করিতে হইবে তাহাকে ক্যাথোড করা হয় (চিত্র 9.8)। লোহার উপর জিঙ্কের প্রলেপন দিতে হইলে বিশুদ্ধ জিঙ্ককে অ্যানোড এবং লোহার দ্রব্যকে ক্যাথোড করিতে হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ ($ZnSO_4$) লওয়া হয়।

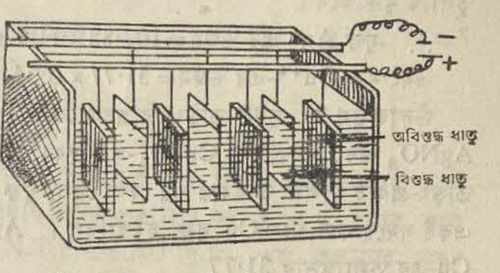


চিত্র 9.8 তড়িৎ-লেপন

(3) **ইলেক্‌ট্রোটাইপিং (Elcctrotyping) ঃ** ছাপিবার অক্ষর এই পদ্ধতিতে তৈয়ারী করা হয়। নির্দিষ্ট একটি অক্ষর মোম দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। মোম দ্বারা প্রস্তুত অক্ষরের উপর গ্রাফাইট গুঁড়ার আস্তরণ দিয়া অক্ষরটিকে তড়িৎ-পরিবাহী করা হয়। এইবার যে-ধাতুর অক্ষর প্রস্তুত করিতে হইবে সেই ধাতুর একটি পাতকে অ্যানোড ও অক্ষরটিকে ক্যাথোড করিয়া এবং অ্যানোড ধাতুর একটি লবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালাইলে, অক্ষরটির উপর ধাতুর আস্তরণ পড়িবে। আস্তরণ পড়া সম্পূর্ণ হইলে অক্ষরটি বাহির করিয়া

উত্তাপ প্রয়োগে মোমকে গলাইয়া ফেলিলে ধাতু-নির্মিত অক্ষর পাওয়া যাইবে। এই পদ্ধতিতে ধাতু-নির্মিত বিভিন্ন মূর্তি করাও সম্ভব।

(4) **ধাতুর তড়িৎ-বিশোধন (Electro refining of metals)ঃ** সোনা, রূপা, তামা, জিঙ্ক ইত্যাদি ধাতু এই পদ্ধতিতে বিশোধন করা হয়। অবিশুদ্ধ ধাতুকে অ্যানোড, বিশুদ্ধ ধাতুকে ক্যাথোড এবং অ্যানোড ধাতুর জলে দ্রবণীয় একটি লবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ পরিচালনা করিলে ক্যাথোডে বিশুদ্ধ ধাতু সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোড হইতে বিশুদ্ধ ধাতু দ্রবণে চলিয়া আসে। ইহার ফলে অ্যানোড ক্রমশ ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ক্যাথোডে বিশুদ্ধ ধাতু সঞ্চিত হইতে থাকে। অবিশুদ্ধ কপার পাতকে অ্যানোড, বিশুদ্ধ কপার পাতকে ক্যাথোড এবং কপার সালফেট দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে, অ্যানোড হইতে বিশুদ্ধ কপার দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় (চিত্র 9.9)।



চিত্র 9.9 ধাতুর তড়িৎ-বিশোধন

(5) **বিভিন্ন রাসায়নিক যৌগ প্রস্তুতিঃ** ক্লোরিন, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, পটাসিয়াম ক্লোরেট, কস্টিক সোডা, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট ইত্যাদি যৌগ তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে পণ্যোৎপাদন করা হয়।

অন্যান্য ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ

(a) **মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ঃ** আমরা জানি, দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ চালনা করিলে বিভিন্ন ইলেকট্রোডে মুক্ত আয়নের ভর তাহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক। যদি একটি মৌলের W_1 গ্রাম এবং অপর একটি মৌলের W_2 গ্রাম দুইটি বিভিন্ন ইলেকট্রোডে সঞ্চিত হয় এবং যদি E_1 এবং E_2 যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় মৌলের তুল্যাঙ্কভার হয়, তাহা হইলে $\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_1}{E_2}$। W_1 এবং W_2 পরীক্ষার দ্বারা নির্ধারণ করিয়া E_1 এবং E_2-এর মধ্যে যে-কোন একটি জানা থাকিলে অপরটি নির্ণয় করা যাইবে।

(b) **মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ঃ** ইহা পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে।

•সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী•

উদাহরণ 1. 0·040 ফ্যারাডে তড়িৎ কত গ্রাম Ag^+ এবং Cu^{++} ক্যাথোডে মুক্ত করিবে। Ag-এর তুল্যাঙ্কভার 107·88 এবং Cu-এর তুল্যাঙ্কভার 31·77।

সমাধান : আমরা জানি 1 ফ্যারাডে তড়িৎ যে-কোন মৌলের এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক মুক্ত করে।

∴ মুক্ত Ag^+-এর ওজন $=107·88 \times 0·04$ গ্রাম $=4·3$ গ্রাম

এবং মুক্ত Cu^{++}-এর ওজন $= 31·77 \times 0·04$ গ্রাম $= 1·3$ গ্রাম

উদাহরণ 2. দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত আছে। একটিতে $AgNO_3$ এবং অপরটিতে $CuSO_4$-এর দ্রবণ আছে। এই কোষগুলির মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিবার পর দেখা গেল, মুক্ত Ag-এর পরিমাণ 1·273 গ্রাম। একই সময়ে কত গ্রাম Cu মুক্ত হইয়াছিল। Ag-এর তুল্যাঙ্কভার 107·88 এবং Cu-এর তুল্যাঙ্কভার 31·77

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{E_1}{E_2}=\frac{W_1}{W_2}$

এখানে $E_1=107·88$; $E_2=31·77$; $W_1=1·273$; $W_2=?$

$\frac{107·88}{31·77}=\frac{1·273}{W_2}$ ∴ $W_2=\frac{31·77\times1·273}{107·88}=0·3749$ গ্রাম

∴ মুক্ত Cu-এর নির্ণেয় পরিমাণ $=0·3749$ গ্রাম

উদাহরণ 3. 0·0324 ফ্যারাডে ক্যাথোডে 0·651 গ্রাম ক্যালসিয়াম মুক্ত করিতে পারে। ক্যালসিয়ামের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন 40 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, 1 ফ্যারাডে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ক্যালসিয়াম মুক্ত করিবে

∴ ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{0·651}{0·0324}=20·1$

আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $=40$

সুতরাং ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা $=\frac{40}{20·1}=2$

∴ ক্যালসিয়ামের সঠিক পারমাণবিক ওজন $=20·1\times2=40·2$

উদাহরণ 4. 3 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 20 মিনিট ধরিয়া $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে 4 গ্রাম Ag উৎপন্ন হয়। Ag-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, $W=Z\times c\times t$

$W=4$ গ্রাম ; $c=3$ অ্যাম্পিয়ার ; $t=20\times60$ সেকেণ্ড ; $Z=$ Ag-এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

∴ Ag তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $Z=\frac{৪}{৩\times২০\times৬০}=0·00111$

উদাহরণ 5. 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ $\frac{1}{2}$ ঘণ্টা ধরিয়া একটি ধাতব লবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে 3·048 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়, ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত ?

সমাধান ঃ আমরা জানি, $W = \frac{E \times c \times t}{F}$

W=3·048 ; E=ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার ; F=96500 কুলম্ব ; c=5 অ্যাম্পিয়ার ; $t=\frac{1}{2}\times 60\times 60$ সেকেণ্ড

$$\therefore \quad E=\frac{W\times F}{c\times t}=\frac{3{\cdot}048\times 96500}{5\times 1800}=32{\cdot}68$$

উদাহরণ 6. একটি কোষে অ্যাসিডমিশ্রিত জল লইয়া এবং অপর একটি কোষে $CuSO_4$ দ্রবণ লইয়া সমপরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হইল। ইহার ফলে ক্যাথোডে উৎপন্ন H_2-এর আয়তন N.T.P.-তে 203 সি.সি. এবং কপারের ওজন 0·571 গ্রাম। হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার 1 হইলে কপারের তুল্যাঙ্কভার কত ?

সমাধান ঃ N. T. P.-তে H_2-এর ঘনত্ব 0·0000892 গ্রাম/সি.সি.

$\therefore$ N. T. P.-তে 203 সি.সি. H_2-এর ওজন=203 × 0·0000892
=0·0181 গ্রাম

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{W_1}{W_2}$$

$E_1=1$; $E_2=?$; $W_1=0{\cdot}0181$ গ্রাম ; $W_2=0{\cdot}571$ গ্রাম

$\frac{1}{E_2}=\frac{0{\cdot}0181}{0{\cdot}571}$ বা, $E_2=\frac{0{\cdot}571}{0{\cdot}0181}=31{\cdot}55$

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্কভার=31·55

উদাহরণ 7. H_2-এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·0000104 হইলে Cu এবং Ag-এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত হইবে ? (Ag-এর তুল্যাঙ্কভার =107·88, Cu-এর তুল্যাঙ্কভার=31·55)

সমাধান ঃ আমরা জানি, $\frac{E_1}{E_2}=\frac{Z_1}{Z_2}$

E_1=হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার=1 ; Z_1=হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক=0·0000104 ; E_2=Cu-এর তুল্যাঙ্কভার=31·55 ; Z_2=Cu-এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কভার $\frac{1}{31{\cdot}55}=\frac{0{\cdot}0000104}{Z_2}$

$\therefore$ $Z_2=0{\cdot}0000104\times 31{\cdot}55=0{\cdot}000328$ গ্রাম/কুলম্ব

অনুরূপভাবে, Ag-এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক=0·0000104×107·88
=0·001122 গ্রাম/কুলম্ব

উদাহরণ 8. Pt তড়িৎ-দ্বারযুক্ত তিনটি তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত আছে। প্রথমটিতে $AgNO_3$ দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে $CuSO_4$ দ্রবণ এবং তৃতীয়টিতে

লঘু H_2SO_4 বর্তমান। এই কোষ তিনটির মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইবার পর প্রথম কোষের ক্যাথোডে 1 গ্রাম Ag মুক্ত হইলে দ্বিতীয় এবং তৃতীয় কোষে উৎপন্ন Cu-এর পরিমাণ এবং N. T. P.-তে H_2-এর আয়তন নির্ণয় কর। (Cu=63·37, Ag=108)

সমাধান : Ag-এর তুল্যাঙ্কভার = 108

কপারের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{63{\cdot}37}{2} = 31{\cdot}69$

I. $\dfrac{E_1}{E_2} = \dfrac{W_1}{W_2}$ [$E_1 = 108$, $E_2 = 31{\cdot}69$; $W_1 = 1$ গ্রাম, W_2 = Cu-এর ওজন]

$\dfrac{108}{31{\cdot}69} = \dfrac{1}{W_2}$

$W_2 = \dfrac{31{\cdot}69}{108} = 0{\cdot}2934$ গ্রাম = উৎপন্ন Cu-এর ওজন

II. $\dfrac{108}{1} = \dfrac{1}{W_2}$ বা, $W_2 = \dfrac{1}{108} = 0{\cdot}00926$ গ্রাম

2 গ্রাম H_2-এর N. T. P.-তে আয়তন 22400 মিলি.

∴ 0·00926 " " " $\dfrac{22400 \times 0{\cdot}00926}{2}$ মিলি.

বা 103.7 মিলি.

উদাহরণ 9. কপার সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়া 0·25 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ এক ঘণ্টা ধরিয়া প্রবাহিত করা হইলে ক্যাথোডে কি পরিমাণ Cu মুক্ত হইবে। (কপারের পারমাণবিক ওজন = 63·5)

সমাধান : $CuSO_4$ যৌগে Cu-এর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{63{\cdot}5}{2} = 31{\cdot}75$

আমরা জানি, $W = \dfrac{E}{F} \times c \times t$

এখানে W = উৎপন্ন কপারের পরিমাণ ; E = কপারের তুল্যাঙ্কভার = 31·75 ; c = 0·25 অ্যাম্পিয়ার ; $t = 60 \times 60$ সেকেণ্ড = 3600 সেকেণ্ড

∴ $W = \dfrac{31{\cdot}75}{96500} \times 0{\cdot}25 \times 60 \times 60$ গ্রাম = 0·296 গ্রাম

∴ উৎপন্ন কপারের পরিমাণ = 0·296 গ্রাম

উদাহরণ 10. একটি দ্রব্যের উপর 0·02 সেমি. পুরু নিকেল লেপন করিতে হইবে। নিকেলের ঘনত্ব 8·5 গ্রাম/সি.সি. এবং ইহার তুল্যাঙ্কভার 29·35। তড়িৎ-প্রবাহের ঘনত্ব (current density) প্রতি বর্গ ডেসিমিটারে 2·5 অ্যাম্পিয়ার হইলে কত সময় ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালাইতে হইবে ?

সমাধান : প্রতি বর্গ ডেসিমিটারে 0·02 সেমি. পুরু নিকেল সঞ্চিত হইতে $(100 \times 0{\cdot}02)$ সি.সি. বা 2 সি.সি. নিকেলের প্রয়োজন।

2 সি.সি. নিকেলের ওজন = (2 × 8·5) গ্রাম = 17 গ্রাম

$$W=\frac{E}{F}\times c\times t \quad \therefore \quad 17=\frac{29\cdot35}{96500}\times2\cdot5\times t$$

$$\therefore \quad t=\frac{17\times96500}{29\cdot35\times2\cdot5} \text{ সেকেণ্ড} = 22358 \text{ সেকেণ্ড}$$

= 6 ঘণ্টা 12 মিনিট 36 সেকেণ্ড = নির্ণেয় সময়

উদাহরণ 11. N^{-3} আয়নে তড়িৎ আধানের পরিমাণ কত কুলম্ব।

সমাধান ঃ N তিনটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া N^{-3} হইয়াছে।

আমরা জানি, $e=\frac{F}{N}=\frac{96\cdot500}{6\cdot023\times10^{23}}=1\cdot60\times10^{-19}$ কুলম্ব

∴ তিনটি ইলেট্রনের আধান = $3\times1\cdot60\times10^{-19}$ কুলম্ব = $4\cdot8\times10^{-19}$ কুলম্ব

∴ N^{-3} আয়নে আধানের নির্ণেয় পরিমাণ = $4\cdot8\times10^{-19}$ কুলম্ব।

উদাহরণ 12. 25 মিলি. অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 60 সেকেণ্ড ধরিয়া $CaCl_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হইল। ক্যাথোডে উৎপন্ন ক্যালসিয়ামের পরমাণু সংখ্যা কত ?

সমাধান ঃ প্রবাহিত তড়িতের মোট পরিমাণ = 0 025 × 60 = 1·5 কুলম্ব

$F=Ne$; $e=\frac{F}{N}$ কুলম্ব ; $\frac{F}{N}$ কুলম্ব ≡ 1টি ইলেকট্রন ; 1 কুলম্ব ≡ $\frac{N}{F}$ ইলেকট্রন

1·5 কুলম্ব „ ≡ $\frac{6\cdot023\times10^{23}\times1\cdot5}{96500}$ ইলেকট্রন ≡ $9\cdot36\times10^{18}$ ইলেকট্রন

প্রতি Ca^{+2}-এর জন্য দুটি ইলেকট্রনের প্রয়োজন

∴ মুক্ত Ca পরমাণুর সংখ্যা = $\frac{9\cdot36\times10^{18}}{2}=4\cdot68\times10^{18}$

উদাহরণ 13. একটি ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 15 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করার ফলে 0·2964 গ্রাম ধাতু মুক্ত হইল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত ?

সমাধান ঃ আমরা জানি, $W=\frac{E.ct}{F}$

W = 0·2964 গ্রাম, E = ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার ; c = 1 অ্যাম্পিয়ার ;

$t=15\times60$ সেকেণ্ড ; F = 96500 কুলম্ব।

$$\therefore \quad E=\frac{W\times F}{c\times t}=\frac{0\cdot2964\times96500}{1\times15\times60}=31\cdot78$$

∴ ধাতুটির নির্ণেয় তুল্যাঙ্কভার = 31·78

উদাহরণ 14. $Pb(NO_3)_2$ এবং $ZnSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া সমপরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করার পর দেখা গেল, উৎপন্ন Pb এবং Zn-এর পরিমাণ যথাক্রমে 6·908 গ্রাম এবং 2·18 গ্রাম। Zn-এর তুল্যাঙ্কভার 32·7 হইলে Pb-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{E_1}{E_2}=\frac{W_1}{W_2}$

E_1 = Zn-এর তুল্যাঙ্কভার = 32·7 ; W_1 = উৎপন্ন Zn-এর ওজন = 2·18 গ্রাম

E_2 = Pb-এর তুল্যাঙ্কভার ; W_2 = উৎপন্ন Pb-এর ওজন = 6·908 গ্রাম

$\therefore \frac{32 \cdot 7}{E_2}=\frac{2 \cdot 18}{6 \cdot 908} \quad \therefore E_2=\frac{32 \cdot 7 \times 6 \cdot 908}{2 \cdot 18}=103 \cdot 62$

∴ নির্ণেয় তুল্যাঙ্কভার = 103·62

উদাহরণ 15. $SnCl_2$ হইতে 1 গ্রাম Sn মুক্ত করিতে যে-পরিমাণ তড়িতের প্রয়োজন, সেই পরিমাণ তড়িৎ জল হইতে S.T.P.-তে কত আয়তন H_2 উৎপন্ন করিবে ? (Sn-এর তুল্যাঙ্কভার = 59·5)

সমাধান : ধরা যাক, S.T.P.-তে উৎপন্ন H_2-এর ওজন W গ্রাম

$\therefore \frac{W}{1}=\frac{1}{59 \cdot 5}$ বা, W = 0·0168 গ্রাম

S.T.P.-তে 2 গ্রাম H_2-এর আয়তন 22400 সি.সি.

∴ „ 0·0168 „ „ $\frac{22400 \times 0 \cdot 0168}{2}$ সি.সি.

= 188·24 সি.সি.

উদাহরণ 16. N.T.P.-তে 210 সি.সি. H_2 মুক্ত করিতে পারে যে-পরিমাণ তড়িৎ, সেই পরিমাণ তড়িৎ কত গ্রাম Zn মুক্ত করিবে। (Zn-এর তুল্যাঙ্কভার 32·6)

সমাধান : N.T.P.-তে 210 সি.সি. H_2-এর ওজন = 0·00009 × 210 গ্রাম

= 0·0189 গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{W}{0 \cdot 0189}=\frac{32 \cdot 6}{1 \cdot 008}$ বা, $W=\frac{32 \cdot 6 \times 0 \cdot 0189}{1 \cdot 008}=0 \cdot 611$ গ্রাম

∴ জিঙ্কের নির্ণেয় পরিমাণ = 0·611 গ্রাম

উদাহরণ 17. একটি ধাতব পাতের ক্ষেত্রফল 600 বর্গ সেন্টিমিটার। ইহার উপর নিকেল প্রলেপ দিতে হইবে। 3 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 3 ঘণ্টা ধরিয়া চালনা করিলে ইহার উপর কত পুরু নিকেল জমা হইবে। নিকেলের ঘনত্ব 8·8 গ্রাম / সি.সি. এবং ইহার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·000304 গ্রাম/কুলম্ব।

সমাধান : $W=Z \times c \times t$; Z = 0·000304 ; c = 3 অ্যাম্পিয়ার ;

$t=3 \times 60 \times 60$ সেকেণ্ড

∴ W = 0·000304 × 3 × 3 × 60 × 60 গ্রাম = 9·8496 গ্রাম

= মুক্ত নিকেলের পরিমাণ

∴ মুক্ত নিকেলের আয়তন = $\frac{9 \cdot 8496}{8 \cdot 8}$ সি.সি. = 1·12 সি.সি.

ক্যাথোডের ক্ষেত্রফল = 600 বর্গ সেন্টিমিটার

∴ উৎপন্ন নিকেলের বেধ = $\frac{1 \cdot 12}{600}$ সেমি. = 0·00186 সেমি.

উদাহরণ 18. Ag-এর পারমাণবিক ওজন 107·88 এবং Cu-এর পারমাণবিক ওজন 63·54। হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·0000104 হইলে Ag এবং Cu-এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [I. I. T. 1961]

সমাধান ঃ কোন মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক=ঐ মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক×0·0000104

Ag-এর তুল্যাঙ্কভার = 107·88

∴ „ তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 107·88 × 0·0000104
= 0·001122 গ্রাম/কুলম্ব

একযোজী Cu-এর তুল্যাঙ্কভার = 63·54

∴ „ „ তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 63·54 × 0·0000104
= 0·00066 গ্রাম/কুলম্ব

দ্বিযোজী Cu-এর তুল্যাঙ্কভার = $\frac{63 \cdot 54}{2} = 31 \cdot 77$

∴ „ „ তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 31·77 × 0·0000104
= 0·0003304 গ্রাম/কুলম্ব

উদাহরণ 19. $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 30 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিবার পর দেখা গেল, ক্যাথোডে 0·2964 গ্রাম কপার মুক্ত হইয়াছে। Cu-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (1 ফ্যারাডে=96500 কুলম্ব) [I. I. T. 1972]

সমাধান ঃ $W = \frac{E}{F} \times c \times t$; W = 0·2964 গ্রাম ; c = 0·5 অ্যাম্পিয়ার ;

$t = 30 \times 60$ সেকেণ্ড ; E = Cu-এর তুল্যাঙ্কভার

$\therefore \quad E = \frac{W \times F}{c \times t} = \frac{0 \cdot 2964 \times 96500}{0 \cdot 5 \times 30 \times 60} = 31 \cdot 78$ = Cu-এর তুল্যাঙ্কভার

$CuSO_4$-এ Cu-এর যোজ্যতা=2

∴ Cu-এর পারমাণবিক ওজন = Cu-এর তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা
$= 31 \cdot 78 \times 2 = 63 \cdot 56$

উদাহরণ 20. 0·5 লিটার 2(M) $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়া 3·7 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ নিকেল তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে 6 ঘণ্টা ধরিয়া প্রবাহিত করা হইল। অবশিষ্ট দ্রবণের মোলার মাত্রা কত হইবে ? (F=96500, Ni=58·7) [I. I. T. 1978]

সমাধান ঃ মোট তড়িতের পরিমাণ = $3 \cdot 7 \times 6 \times 60 \times 60$ কুলম্ব = 79920 কুলম্ব

∴ উৎপন্ন Ni-এর পরিমাণ = $\frac{79920}{96500}$ = 0·8282 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

∴ বিশ্লিষ্ট $Ni(NO_3)_2$-এর পরিমাণ = 0·8282 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক
$= \frac{0 \cdot 8282}{2}$ মোল = 0·4141 মোল

[∵ 1 মোল $Ni(NO_3)_2$ = 2 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $Ni(NO_3)_2$]

তড়িৎ-বিশ্লেষণের পূর্বে $Ni(NO_3)_2$-এর পরিমাণ $= 0{\cdot}5 \times 2$ মোল $= 1{\cdot}00$ মোল

∴ ,, পরে অবশিষ্ট ,, ,, $= (1{\cdot}00 - 0{\cdot}4141)$ মোল

$= 0{\cdot}5859$ মোল

∴ তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর 0·5 লিটার দ্রবণে অবশিষ্ট $Ni(NO_3)_2$-এর পরিমাণ 0·5859 মোল

∴ অবশিষ্ট $Ni(NO_3)_2$-এর মোলার মাত্রা $= 0{\cdot}5859 \times 2(M) = 1{\cdot}1718(M)$

[দ্রষ্টব্য : এই ক্ষেত্রে Ni অ্যানোড উহার সক্রিয়তা হারায় বলিয়া আয়নিত হইয়া দ্রবণে আসিবে না।]

উদাহরণ 21. একটি রৌপ্য ভোল্টামিটারের মধ্য দিয়া 16 মিনিট 40 সেকেণ্ড যাবৎ তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিবার ফলে 2 গ্রাম 236 মিলিগ্রাম রূপা ক্যাথোড পাতে সঞ্চিত হয়। তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ দ্বিগুণ করিয়া 25 মিনিট যাবৎ উহা চালনা করিলে কি পরিমাণ রূপা ক্যাথোডে সঞ্চিত হইবে? [H. S. 1979]

সমাধান : আমরা জানি, $W = Z.\,c.\,t$

প্রথম বারে $2{\cdot}236 = Z \times c \times 1000$ ... (1)

দ্বিতীয় বারে $W = Z \times 2c \times 1500$ ... (2)

(2) নং সমীকরণকে (1) নং সমীকরণদ্বারা ভাগ করিয়া

$$\frac{W}{2{\cdot}236} = \frac{Z \times 2c \times 1500}{Z \times c \times 1000} = 3$$

∴ $W = 2{\cdot}236 \times 3$ গ্রাম $= 6{\cdot}708$ গ্রাম

∴ দ্বিতীয় বারে উৎপন্ন রূপার পরিমাণ $= 6{\cdot}708$ গ্রাম

উদাহরণ 22. 25 মিনিট সময়ে যে-প্রবাহ 0·85 গ্রাম তামা মুক্ত করে তাহাকে 2 ওহম রোধের ভিতর দিয়া যাইতে দেওয়া হইল। ঐ রোধের দুই প্রান্তে যুক্ত একটি ভোল্টামিটার 3·5 ভোল্ট পাঠ দিলে ঐ ভোল্টামিটার পাঠে ত্রুটি কত? তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $= 3{\cdot}29 \times 10^{-4}$ গ্রাম/কুলম্ব। [J. E. 1969]

সমাধান : $W = Z \times c \times t$

$0{\cdot}85 = 0{\cdot}000329 \times c \times 25 \times 60$

∴ $c = \dfrac{0{\cdot}85}{0{\cdot}000329 \times 25 \times 60} = 1{\cdot}7224$ অ্যাম্পিয়ার

আমরা জানি $V = c \times R$ [V = বিভব প্রভেদ, R = রোধ]

∴ 2 ওহম রোধের দুই প্রান্তে বিভব প্রভেদ $= 1{\cdot}7224 \times 2$ ভোল্ট

$= 3{\cdot}4448$ ভোল্ট

কিন্তু ভোল্টামিটারের পাঠ $= 3{\cdot}5$ ভোল্ট

∴ ভোল্টামিটার $(3{\cdot}5 - 3{\cdot}4448)$ ভোল্ট বা 0·0552 ভোল্ট বেশি পাঠ দিয়াছে।

উদাহরণ 23. 2·5 সেমি. ব্যাসার্ধের একখানি বৃত্তাকার প্লেটের একপাশে 0·1 মিমি. পুরু তামার প্রলেপ দিবার জন্য তাম্র ভোল্টামিটার দিয়া 1·25

অ্যাম্পিয়ার প্রবাহ কতক্ষণ চালাইতে হইবে ? তামার ঘনত্ব 8·9 গ্রাম/মিলি. এবং Z = 0·00033 গ্রাম/কুলম্ব। [J. E. 1976]

সমাধান : ধরা যাক, নির্ণেয় সময় t সেকেণ্ড

$W = Z \times c \times t = 0{\cdot}00033 \times 1{\cdot}25 \times t$

মুক্ত তামার ওজন $W = \pi r^2 \times 0{\cdot}01 \times 8{\cdot}9$ গ্রাম

$$= \frac{22 \times (2{\cdot}5)^2 \times 0{\cdot}01 \times 8{\cdot}9}{7} \text{ গ্রাম} = 1{\cdot}7482 \text{ গ্রাম}$$

$\therefore \quad 1{\cdot}7482 = 0{\cdot}00033 \times 1{\cdot}25 \times t$

$\therefore \quad t = \frac{1{\cdot}7482}{0{\cdot}00033 \times 1{\cdot}25} = 4238{\cdot}0949$ সেকেণ্ড

$= 1$ ঘন্টা 10 মিনিট 38 সেকেণ্ড

উদাহরণ 24. 300 বর্গ সেমি. ক্ষেত্রফলযুক্ত একটি ধাতব প্লেটকে নিকেল প্রলেপ দিতে হইবে। 3 ঘন্টা ব্যাপী 1·5 অ্যাম্পিয়ার প্রবাহমাত্রা ব্যবহার করিলে প্লেটে প্রলেপের বেধ কত হইবে নির্ণয় কর। নিকেলের ঘনত্ব 8·8 গ্রাম/সি. সি. এবং নিকেলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·000304 গ্রাম/কুলম্ব। [J. E. 1965]

সমাধান : $W = Z \times c \times t = 0{\cdot}000304 \times 1{\cdot}5 \times 3 \times 60 \times 60$ গ্রাম

$= 4{\cdot}9248$ গ্রাম

$\therefore$ মুক্ত নিকেলের আয়তন $= \frac{4{\cdot}9248}{8{\cdot}8}$ সি. সি. $= 0{\cdot}5596$ সি. সি.

$\therefore$ মুক্ত নিকেলের বেধ $= \frac{0{\cdot}5596}{300} = 0{\cdot}00186$ সেমি. $= 0{\cdot}0186$ মিমি.

উদাহরণ 25. 10 বর্গ সেমি. ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি প্লেটের উভয় পার্শ্বে 0 001 সেমি. পুরু তামার প্রলেপ দিতে হইবে। 12 ভোল্টের কোষ ব্যবহার করিলে, কোষ, ঐ কাজের জন্য কত তড়িৎ-শক্তি খরচ করিবে ? তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 3×10^{-4} গ্রাম/কুলম্ব। তামার ঘনত্ব 9 গ্রাম/সি. সি.। [I. I. T. 1971]

সমাধান : যেহেতু প্লেটটির দুই পৃষ্ঠ প্রলেপ দিতে হইবে সেই হেতু মোট (10 + 10) বা 20 বর্গ সেমি. প্রলেপ দিতে হইবে।

$\therefore$ মুক্ত তামার মোট ওজন $= (20 \times 0{\cdot}001 \times 9)$ গ্রাম $= 0{\cdot}18$ গ্রাম

$$W = Z \times Q \; ; \; Q = \frac{W}{Z} = \frac{0{\cdot}18}{0{\cdot}0003} = 600 \text{ কুলম্ব}$$

$\therefore$ মোট ব্যয়িত তড়িৎশক্তি = ভোল্ট × কুলম্ব $= 12 \times 600 = 7200$ জুল

উদাহরণ 26. Cu-এর ঘনত্ব 8·94 গ্রাম/মিলি.। 10 সেমি. × 10 সেমি. ক্ষেত্রফলযুক্ত একটি প্লেটকে 10^{-2} সেমি. পুরু Cu-এর প্রলেপদ্বারা প্রলিপ্ত করিতে $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া কত কুলম্ব তড়িৎ-প্রবাহিত করিতে হইবে ? (Cu = 63·5 ; F = 96500 কুলম্ব) [I. I. T. 1979]

সমাধান ঃ প্রলেপ দিবার জন্য Cu-এর মোট ওজন=Cu প্রলেপের আয়তন $\times$ Cu-এর ঘনত্ব $= 10 \times 10 \times 10^{-2} \times 8{\cdot}94$ গ্রাম $= 8{\cdot}94$ গ্রাম

$CuSO_4$-এ Cu-এর তুল্যাঙ্কভার$=\frac{63{\cdot}5}{2}=31{\cdot}75$

$\therefore$ 31·75 গ্রাম Cu মুক্ত হয় 96500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা

$\therefore$ 8·94 গ্রাম " " " $\frac{96500 \times 8{\cdot}94}{31{\cdot}75}$ কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা

$=27172$ কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা

$\therefore$ নির্ণেয় তড়িতের পরিমাণ$=27172$ কুলম্ব

উদাহরণ 27. Pt তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে দুইটি দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হইল। প্রথম দ্রবণটি $AgNO_3$-এর ও দ্বিতীয় দ্রবণটির আয়তন 500 সি.সি. এবং উহাতে 10 গ্রাম $CuSO_4$, $5H_2O$ দ্রবীভূত করা আছে। 30 মিনিট ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করার ফলে দেখা গেল, প্রথম দ্রবণে 1·307 গ্রাম Ag ক্যাথোডে মুক্ত হইয়াছে। তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিবার পর দ্বিতীয় দ্রবণে Cu-এর গাঢ়ত্ব গ্রাম/লিটার এ কত হইবে? [I. I. T. 1971]

সমাধান ঃ $\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_1}{E_2}$

W_1=মুক্ত Cu-এর ওজন ; W_2=মুক্ত Ag-এর ওজন ; E_1=Cu-এর তুল্যাঙ্কভার ; E_2=Ag-এর তুল্যাঙ্কভার

$\frac{W_1}{1{\cdot}307}=\frac{63{\cdot}5/2}{108}$ [$\because$ $CuSO_4$-এ Cu-এর যোজ্যতা 2 এবং $AgNO_3$-এ Ag-এর যোজ্যতা 1]

$\therefore W_1=\frac{1{\cdot}307 \times 63{\cdot}5}{2 \times 108}=0{\cdot}3842$ গ্রাম

$CuSO_4$, $5H_2O$-এর আণবিক ওজন$=(63{\cdot}5+32+64+90)=249{\cdot}5$

বিশ্লেষণের পূর্বে দ্রবণে Cu-এর পরিমাণ$=\frac{63{\cdot}5 \times 10}{249{\cdot}5}=2{\cdot}545$ গ্রাম

$\therefore$ বিশ্লেষণের পরে অবশিষ্ট Cu-এর পরিমাণ$=(2{\cdot}545-0{\cdot}3842)$ গ্রাম
$=2{\cdot}1608$ গ্রাম

দ্বিতীয় দ্রবণের মোট আয়তন 500 সি. সি.

$\therefore$ দ্বিতীয় দ্রবণে অবশিষ্ট Cu-এর গাঢ়ত্ব $2{\cdot}1608 \times 2$ গ্রাম/লিটার
বা 4·3216 গ্রাম/লিটার

উদাহরণ 28. 40 মিলি. 0·125M $NiSO_4$ দ্রবণকে 0·05 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে 40 মিনিট ধরিয়া বিশ্লেষণ করা হইল। (i) প্রত্যেকটি ইলেকট্রোডে সংঘটিত বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। (ii) দ্রবণে প্রবাহিত তড়িতের মোট পরিমাণ কত? (iii) ক্যাথোডে মুক্ত পদার্থের ওজন কত? (iv) দ্রবণে উপস্থিত Ni^{++}-কে সম্পূর্ণভাবে মুক্ত করিতে একই পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ আরও

কতক্ষণ ধরিয়া চালাইতে হইবে ? (v) তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে $NiSO_4$-কে সম্পূর্ণভাবে বিশ্লেষিত করিবার পর অ্যানোডে উৎপন্ন পদার্থের ওজন কত হইবে। [I. I. T. 1973]

সমাধান ঃ (i) ক্যাথোডে বিক্রিয়া $2\,Ni^{++}+4e=2Ni$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $4OH^- - 4e = 2H_2O + O_2\uparrow$

মোট বিক্রিয়া $2Ni^{++}+4OH^-=2Ni+2H_2O+O_2\uparrow$

(ii) প্রবাহিত তড়িতের মোট পরিমাণ $=0{\cdot}05\times40\times60=120$ কুলম্ব

(iii) (i) নং সমাধান হইতে দেখা যাইতেছে, এক গ্রাম-পরমাণু Ni মুক্ত করিবার জন্য 2 ফ্যারাডে তড়িতের প্রয়োজন। Ni-এর পারমাণবিক ওজন 59

$\therefore$ 2×96500 কুলম্ব দ্বারা মুক্ত Ni-এর পরিমাণ $=59$ গ্রাম

$\therefore$ 120 ,, ,, ,, ,, $=\frac{59\times120}{2\times96500}$ গ্রাম

$=0{\cdot}0367$ গ্রাম

(iv) দ্রবণে উপস্থিত Ni^{++}-এর মোট পরিমাণ $=\dfrac{0{\cdot}125\times40}{1000}$ মোল

$=0{\cdot}005$ মোল [$\because$ 1 মোল $NiSO_4$ = 1 মোল Ni^{++}]

1 মোল Ni^{++}-এর জন্য প্রয়োজনীয় তড়িৎ $=2\times96500$ কুলম্ব

$\therefore$ 0·005 ,, ,, ,, ,, $=2\times96500\times0{\cdot}005$ কুলম্ব

$=965$ কুলম্ব

$\therefore$ $0{\cdot}05\times t=965$ $\therefore$ $t=\dfrac{965}{0{\cdot}05}$ সেকেণ্ড $=19300$ সেকেণ্ড

$\therefore$ আরও $(19300-40\times60)$ সেকেণ্ড বা 16900 সেকেণ্ড ধরিয়া 0·05 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করিলে Ni সম্পূর্ণরূপে মুক্ত হইবে।

(v) (i) নং সমাধান হইতে দেখা যাইতেছে যে, 2 মোল Ni মুক্ত হইলে 1 মোল O_2 অ্যানোডে মুক্ত হয়।

$\therefore$ 0·005 মোল Ni মুক্ত হইলে মুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $=\dfrac{0{\cdot}005}{2}$ মোল

$=\dfrac{0{\cdot}005\times32}{2}$ গ্রাম $=0{\cdot}08$ গ্রাম

উদাহরণ 29. গাঢ় $CuSO_4$ দ্রবণের 10 গ্রাম লইয়া 0·01 ফ্যারাডে তড়িতের দ্বারা বিশ্লেষণ করা হইল। (i) বিশ্লেষণের শেষে অবশিষ্ট দ্রবণের ওজন কত হইবে ? (ii) এবং দ্রবণে উৎপন্ন অ্যাসিড অথবা ক্ষারের তুল্যাঙ্ক পরিমাণ কত ? (Cu = 63·5, F = 96500 কুলম্ব) [I. I. T. 1976]

সমাধান ঃ

ক্যাথোডে বিক্রিয়া $2Cu^{++}+2e=2Cu$

অ্যানোডে বিক্রিয়া $SO_4^{=}-2e=SO_4$

$SO_4+H_2O=H_2SO_4+\frac{1}{2}O_2$

মোট বিক্রিয়া $2Cu^{++}+SO_4^{=}+H_2O=2Cu+2H^{+}+SO_4^{=}+\frac{1}{2}O_2$

বা $4Cu^{++}+2SO_4^{=}+2H_2O=4Cu+4H^{+}+2SO_4^{=}+O_2$

এখানে Cu-এর তুল্যাঙ্কভার$=\frac{63\cdot5}{2}=31\cdot75$

1 ফ্যারাডের দ্বারা মুক্ত Cu-এর পরিমাণ 31·75 গ্রাম

∴ 0·01 ,, ,, ,, 0·3175 গ্রাম

আবার 1 ফ্যারাডের দ্বারা মুক্ত অক্সিজেনের ওজন 8 গ্রাম

0 01 ,, ,, ,, ,, 0·08 গ্রাম

∴ বিশ্লেষণের ফলে মোট ওজনের হ্রাস$=(0\cdot3175+0\cdot08)$ গ্রাম$=0\cdot3975$ গ্রাম

∴ অবশিষ্ট দ্রবণের ওজন$=(10-0\cdot3975)$ গ্রাম$=9\cdot6025$ গ্রাম।

দেখা যাইতেছে যে, বিশ্লেষণকালে দ্রবণে H_2SO_4 উৎপন্ন হয়। যেহেতু প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ 0·01 ফ্যারাডে, অতএব দ্রবণে ·01 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক H_2SO_4 উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 30. নিষ্ক্রিয় ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া কিছুসময়ের জন্য NaCl দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিবার পর দেখা গেল, অবশিষ্ট দ্রবণ 600 মিলি. 1(N) NaOH-এর তুল্য। ইহার সহিত শ্রেণীসমবায়ে একটি কপার ভোল্টামিটার যুক্ত ছিল এবং ইহাতে একই সময়ে মুক্ত কপারের পরিমাণ দেখা গেল 31·8 গ্রাম। হিসাব মত কত NaOH উৎপাদন (theoretical yield) হওয়া উচিৎ ছিল? উৎপন্ন NaOH-এর পরিমাণ প্রত্যাশিত পরিমাণের (theoretical yield) শতকরা কত ভাগ? [I. I. T. 1976]

সমাধান ঃ 600 মিলি. 1 (N) NaOH দ্রবণ$=\frac{600\times1}{1000}$

বা, 0·6 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH।

কপার ভোল্টামিটারে উৎপন্ন কপারের পরিমাণ$=\frac{31\cdot8}{31\cdot75}=1$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

সুতরাং হিসাবমত 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH উৎপন্ন হওয়া উচিত ছিল।

∴ উৎপন্ন NaOH-এর পরিমাণ প্রত্যাশিত পরিমাণের $\frac{0\cdot6\times100}{1}\%$ বা 60%

উদাহরণ 31. 2·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িত-প্রবাহ 12 মিনিট 52 সেকেণ্ড ধরিয়া কপার সালফেট দ্রবণের ভিতরে চালনা করিলে ক্যাথোডে 0·635 গ্রাম কপার জমা হয়। কপারের যোজ্যতা নির্ণয় কর। (Cu=63·5) [Tripura, 1979]

সমাধান ঃ দ্রবণের ভিতরে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ$=2\cdot5\times772$ কুলম্ব

$=1930$ কুলম্ব

1930 কুলম্ব তড়িৎ 0·635 গ্রাম কপার মুক্ত করে

∴ 96500 ,, $\frac{0\cdot635\times96500}{1930}$ গ্রাম বা 31·75 গ্রাম কপার মুক্ত করে

∴ কপার সালফেটে কপারের তুল্যাঙ্কভার$=31\cdot75$

∴ কপার সালফেটে কপারের যোজ্যতা$=\frac{63\cdot5}{31\cdot75}=2$

উদাহরণ 32. কপার সালফেট দ্রবণে 30 মিনিট ধরিয়া 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে 2·9628 গ্রাম কপার মুক্ত হয়। কপারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [Tripura, 1980]

সমাধান ঃ আমরা জানি, $W=Z\,c\,t$.

এই ক্ষেত্রে $W=2·9628$, $c=5$ অ্যাম্পিয়ার, $t=1800$ সেকেণ্ড

$$\therefore \quad Z=\frac{W}{c.t}=\frac{2·9628}{5\times1800}=0·00033 \text{ গ্রাম/কুলম্ব}$$

উদহরণ 33. কোন ধাতব লবণের ভিতর দিয়া 1·2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 15 মিনিট চালনা করিলে তড়িৎ-দ্বারে 0·3605 গ্রাম ধাতু জমা হয়। ধাতুটির পারমাণবিক ওজনে 96 হইলে উহার যোজ্যতা কত ? [Tripura, 1981]

সমাধান ঃ আমরা জানি $W=\frac{E}{96500}\times c\times t$

$$\therefore \quad E=\frac{W\times96500}{c\times t}=\frac{0·3605\times96500}{1·2\times15\times60}=32·2=\text{ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার}$$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা$=\frac{96}{32·2}=2·98=3$ [$\because$ যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা]

উদাহরণ 34. একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়া 0·4825 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ প্রবাহিত হইলে তারটির মধ্যস্থিত যে-কোন বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে কতগুলি ইলেকট্রন প্রবাহিত হইতেছে। [H. S. 1979]

সমাধান ঃ আমরা জানি, তড়িৎ-প্রবাহের অর্থ ইলেকট্রন প্রবাহ। প্রতি সেকেণ্ডে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ$=0·4825\times1$ কুলম্ব$=0·4825$ কুলম্ব

একটি ইলেকট্রনের আধান$=1·602\times10^{-19}$ কুলম্ব

$\therefore$ প্রবাহিত ইলেকট্রনের নির্ণেয় সংখ্যা$=\frac{0·4825}{1·602\times10^{-19}}=3\times10^{18}$

বিকল্প পদ্ধতি ঃ 96500 কুলম্ব $\equiv 6·023\times10^{23}$ সংখ্যক ইলেকট্রন

$$\therefore \quad 0·4825 \;\;,, \equiv \frac{6·023\times6·4825\times10^{23}}{96500} \;\;,,$$

$$\equiv 3\times10^{18} \text{ ইলেকট্রন}$$

উদাহরণ 35. 0·75 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ একটি ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া 45 মিনিট চালনা করার পর দেখা গেল ক্যাথোডের ওজন 0·6662 গ্রাম বৃদ্ধি পাইয়াছে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত ? [H. S. 1980]

সমাধান ঃ $W=\frac{E}{F}\times c\times t \quad \therefore \quad E=\frac{W\,.\,F}{c\times t}$

এখানে $W=0·6662$; $F=96500$ কুলম্ব ; $c=0·75$ অ্যাম্পিয়ার ;

$t=45\times60$ সেকেণ্ড $=2700$ সেকেণ্ড

$$\therefore \quad E=\frac{0·6662\times96500}{0·75\times2700}=31·75=\text{ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার}$$

উদাহরণ 36. নিম্নলিখিত তথ্যের সাহায্যে (i) ফ্যারাডে, (ii) সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মান এবং (iii) ইলেকট্রনের তড়িদাধান নির্ণয় কর।

6 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 10 মিনিট ধরিয়া $AgNO_3$ দ্রবণে পরিচালিত করিলে 4·029 গ্রাম সিলভার পাওয়া যায়। (Ag=108) [H. S. 1982]

সমাধান : (i) W=4·029 গ্রাম

Ag-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=108\times1=108$

$F=?$, $c=6$ অ্যাম্পিয়ার, $t=60\times10$ সেকেণ্ড

আমরা জানি, $W=\frac{E}{F}\times c\times t$ $\therefore$ $F=\frac{E\times c\times t}{W}$ কুলম্ব

$$=\frac{108\times6\times60\times10}{4\cdot029} \text{ কুলম্ব} = 96500 \text{ কুলম্ব}$$

(ii) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=\frac{E}{F}$

$\therefore$ Ag-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=\frac{108}{96500}$ গ্রাম / কুলম্ব

$=0\cdot00112$ গ্রাম / কুলম্ব

(iii) ইলেকট্রনের তড়িদাধান $e=\frac{F}{N}=\frac{96500}{6\cdot023\times10^{23}}$ কুলম্ব

$=1\cdot6022\times10^{-19}$ কুলম্ব

উদাহরণ 37. 1·50 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ 6·0 ভোল্ট তড়িৎ বিভবে 4·0 লিটার 1 মোলার কপার সালফেট দ্রবণে দুইটি প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে দুই ঘণ্টা ধরিয়া চালনা করা হইল। দুইটি তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় কর। (Cu=63·5) [H. S. 1983]

সমাধান : প্রবাহিত তড়িতের মোট পরিমাণ $Q=c\times t$

$=1\cdot5\times2\times60\times60$ কুলম্ব $=10800$ কুলম্ব

কপারের তুল্যাঙ্কভার $E=\frac{63\cdot5}{2}=31\cdot75$

$\therefore$ ক্যাথোডে উৎপন্ন কপারের পরিমাণ $=\frac{31\cdot75}{96500}\times10800$ গ্রাম

$=3\cdot55$ গ্রাম

অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার $=8$

$\therefore$ অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেনের পরিমাণ $=\frac{8\times10800}{96500}$ গ্রাম $=0\cdot895$ গ্রাম

উদাহরণ 38. (i) এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন হইবে নির্ণয় কর। (হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=0\cdot0000104$ গ্রাম/কুলম্ব।) এই একই পরিমাণ তড়িৎ $AgNO_3$ দ্রবণে পরিচালিত করিলে কত পরিমাণ সিলভার জমা হইবে? (Ag=108)

(ii) এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে উৎপন্ন করিতে যে-পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন হয়, তাহাই এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস বহন করে। ইহা হইতে একটি হাইড্রোজেন আয়ন কি পরিমাণ তড়িৎ বহন করে তাহা নির্ণয় কর।

(iii) একই পরিমাণ তড়িৎ অ্যাসিডমিশ্রিত জল ও '×'-চিহ্নিত একটি ধাতব ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে চালনা করা হইলে প্রথম ক্ষেত্রে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 7·4 লিটার হাইড্রোজেন এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে 21 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হইল। ধাতব মৌলটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [H. S. 1984]

সমাধান : (i) 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হাইড্রোজেন = 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন

আমরা জানি, $W = ZQ$। এই ক্ষেত্রে $W = 1{\cdot}008$ গ্রাম, $Z = 0{\cdot}0000104$

$$\therefore \quad Q = \frac{W}{Z} = \frac{1{\cdot}008}{0{\cdot}0000104} \text{ কুলম্ব} = 96923 \text{ কুলম্ব}$$

$AgNO_3$-এ Ag-এর যোজ্যতা 1 ∴ সিলভারের তুল্যাঙ্কভার = 108 × 1 = 108

$$\text{আমরা জানি,} \quad W = \frac{E}{F}Q = \frac{108}{96500} \times 96923 \text{ গ্রাম}$$

$$= 108{\cdot}47 \text{ গ্রাম} = \text{উৎপন্ন Ag-এর ওজন}$$

(ii) 1 গ্রাম আয়ন হাইড্রোজেন ≡ 1 মোল হাইড্রোজেন আয়ন

$\equiv 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন

$6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক হাইড্রোজেন আয়নে তড়িদাধানের মোট পরিমাণ

= 96923 কুলম্ব ধনাত্মক তড়িৎ

∴ 1টি হাইড্রোজেন আয়নের তড়িদাধানের পরিমাণ

$$= \frac{96923}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ কুলম্ব ধনাত্মক তড়িৎ}$$

$$= 1{\cdot}6092 \times 10^{-19} \text{ কুলম্ব}$$

(iii) N. T. P.-তে 7·4 লিটার হাইড্রোজেন = 7·4 × ·09 গ্রাম হাইড্রোজেন

= 0·666 গ্রাম হাইড্রোজেন

$$\text{আমরা জানি,} \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

$W_1 = 0{\cdot}666$ গ্রাম ; $W_2 = 21$ গ্রাম ; $E_1 = 1{\cdot}008$, $E_2 = ?$

$$\frac{0{\cdot}666}{21} = \frac{1{\cdot}008}{E_2}$$

$$E_2 = \frac{1{\cdot}008 \times 21}{0{\cdot}666} = 31{\cdot}78 = \text{'×' ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}$$

উদাহরণ 39. 112 পারমাণবিক গুরুত্বসম্পন্ন কোনও ধাতুর লবণের জলীয়

দ্রবণে 15 মিনিট ধরিয়া 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ পাঠান হইলে ক্যাথোডের ওজন 0·788 গ্রাম বৃদ্ধি পায়। ধাতব লবণটিতে ধাতুর যোজ্যতা কত। [H. S. 1985]

সমাধান : আমরা জানি, $W=\frac{E}{F}\times c\times t$

এই ক্ষেত্রে $W=0{\cdot}788$, $F=96500$, $c=1{\cdot}5$ অ্যাম্পিয়ার, $t=15\times 60$ সেকেণ্ড $=900$ সেকেণ্ড, $E=$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার

$$E=\frac{W\times F}{c\times t}=\frac{0{\cdot}788\times 96500}{1{\cdot}5\times 900}=56{\cdot}33$$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা $=\frac{112}{56{\cdot}33}=1{\cdot}99=2$ [$\because$ যোজ্যতা পূর্ণ সংখ্যা]

উদাহরণ 40. (i) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ এবং (ii) একটি গোল্ড-লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া সমপরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হইল। ইহার ফলে প্রথম দ্রবণের ক্যাথোডে 4·316 গ্রাম সিলভার উৎপন্ন হইলে দ্বিতীয় দ্রবণের ক্যাথোডে কত পরিমাণ গোল্ড উৎপন্ন হইবে? গোল্ডের পারমাণবিক ওজন 197 এবং প্রদত্ত লবণে উহার যোজ্যতা 3। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার 107·9। প্রবাহিত তড়িতের মোট পরিমাণ কত? [J. E. 1979]

সমাধান : প্রদত্ত লবণে গোল্ডের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{197}{3}=65{\cdot}7$

এখন, $W_1=4{\cdot}316$ গ্রাম, $W_2=?$; $E_1=107{\cdot}9$, $E_2=65{\cdot}7$

$$\frac{4{\cdot}316}{W_2}=\frac{107{\cdot}9}{65{\cdot}7} \quad \therefore W_2=\frac{4{\cdot}316\times 65{\cdot}7}{107{\cdot}9}=2{\cdot}628 \text{ গ্রাম}$$

= দ্বিতীয় দ্রবণের ক্যাথোডে উৎপন্ন গোল্ডের পরিমাণ

প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ Q কুলম্ব হইলে, $W=\frac{E}{F}Q$

$$\therefore Q=\frac{W\times F}{E}=\frac{4{\cdot}316\times 96500}{107{\cdot}9} \text{ কুলম্ব}=3860 \text{ কুলম্ব}$$

উদাহরণ 41. 4·025 গ্রাম জিঙ্ক সালফেট নিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হল। কতক্ষণে লবণটি সম্পূর্ণরূপে বিশ্লিষ্ট হইয়া যাইবে? (Zn = 65, 1F = 96500 কুলম্ব) [J. E. 1985]

সমাধান : জিঙ্ক সালফেটের আণবিক সঙ্কেত $ZnSO_4$

$\therefore$,, ,, ,, ওজন $=65+32+64=161$

$ZnSO_4$-এ Zn-এর যোজ্যতা = 2 এবং তুল্যাঙ্কভার $\frac{65}{2}=32{\cdot}5$

161 গ্রাম জিঙ্ক সালফেটে জিঙ্কের পরিমাণ = 65 গ্রাম

$\therefore$ 4·025 ,, ,, ,, ,, ,, $=\frac{65\times 4{\cdot}025}{161}$ গ্রাম

$=1{\cdot}625$ গ্রাম

আমরা জানি, $W=\frac{E}{F}\times Q=\frac{E}{F}\times c\times t$

W = 1·625 গ্রাম ; E = 32·5 ; F = 96500 কুলম্ব ; $c=2$ অ্যাম্পিয়ার ; $t=\ ?$

$$\therefore \quad t=\frac{W\times F}{E\times c}=\frac{1\cdot625\times96500}{32\cdot5\times2} \text{ সেকেণ্ড}$$

= 2412·5 সেকেণ্ড = নির্ণেয় সময়

উদাহরণ 42. (a) নিষ্ক্রিয় তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া কিছু সময়ের জন্য 19 গ্রাম গলিত $SnCl_2$-কে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। ইহার ফলে ক্যাথোডে উৎপন্ন Sn-এর পরিমাণ 0·119 গ্রাম। তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে কোন পদার্থের অপচয় না হইলে, তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর $SnCl_2$ এবং $SnCl_4$-এর ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর।

(b) আয়রন তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া NaCl-এর একটি উত্তপ্ত দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হইল। মধ্যচ্ছদা তড়িৎ-কোষ (Diaphragm cell) ব্যবহার কর হয় নাই। তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ লিখ।

(c) এক গ্রাম আয়ন N^{3-}-এর তড়িদাধান নির্ণয় কর। [I. I. T. 1980]

সমাধান : (a) তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Sn^{++}+2e\rightarrow Sn$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Sn^{++}-2e\rightarrow Sn^{++++}$

∴ পূর্ণ রাসায়নিক সমীকরণটি হইল

$$\begin{array}{lcl} 2SnCl_2 & \rightarrow & Sn + SnCl_4 \\ 2\times190 & & 119 \quad 261 \\ =380 & & \end{array}$$

∴ 0·119 গ্রাম Sn উৎপন্ন হইলে 0·38 গ্রাম $SnCl_2$ বিয়োজিত হইবে এবং 0·261 গ্রাম $SnCl_4$ উৎপন্ন হইবে।

∴ তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর অবশিষ্ট $SnCl_2$-এর পরিমাণ = (19 − 0·38) গ্রাম
= 18·62 গ্রাম

,, ,, ,, ,, $SnCl_2$-এর ওজন : $SnCl_4$-এর ওজন
= 18·62 : 0·261 = 71·3 : 1

(b) (i) ক্যাথোডে বিক্রিয়া $H^++e\rightarrow H,\ H+H\rightarrow H_2$

(ii) অ্যানোডে বিক্রিয়া $Cl^--e\rightarrow Cl,\ Cl+Cl\rightarrow Cl_2$

(iii) $Na^++OH^-\rightarrow NaOH$

(vi) $3Cl_2+6NaOH\rightarrow NaClO_3+5NaCl+3H_2O$

(c) 1 গ্রাম আয়ন $N^{-3}\equiv3$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক N^{-3}

∴ উহাতে আধানে পরিমাণ = 3×96500 কুলম্ব = $2\cdot89\times10^{-5}$ কুলম্ব

উদাহরণ 43. শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত দুইটি তড়িৎ-কোষের মধ্য দিয়া 5 ঘণ্টা ব্যাপিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হইল। প্রথম কোষটিতে গোল্ডের লবণ এবং দ্বিতীয় কোষে কপার সালফেট দ্রবণ আছে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর প্রথম কোষে

9·85 গ্রাম গোল্ড মুক্ত হইল। গোল্ড লবণে গোল্ডের জারণ-সংখ্যা +3। দ্বিতীয় কোষে মুক্ত কপারের পরিমাণ কত? এবং তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ অ্যাম্পিয়ার এককে বাহির কর। (IF=96500 কুলম্ব) [I. I. T. 1983]

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_1}{E_2}$

$W_1=9{\cdot}85$; $W_2=?$; $E_1=\frac{197}{3}=65{\cdot}67$, $E_2=\frac{63{\cdot}5}{2}=31{\cdot}75$

$\therefore \frac{9{\cdot}85}{W_2}=\frac{65{\cdot}67}{31{\cdot}75}$ বা, $W_2=\frac{9{\cdot}85\times31{\cdot}75}{65{\cdot}67}=4{\cdot}76$ গ্রাম

= দ্বিতীয় কোষ উৎপন্ন কপারের পরিমাণ

আবার, $W=\frac{E}{F}c\times t$

$W=9{\cdot}85$ গ্রাম ; $E=65{\cdot}67$; $F=96500$ কুলম্ব ; $t=5\times60\times60$ সেকেণ্ড $c=?$

$\therefore \quad c=\frac{W\times F}{E\times t}=\frac{9{\cdot}85\times96500}{65{\cdot}67\times60\times60\times5}=0{\cdot}80$ অ্যাম্পিয়ার

উদাহরণ 44. 80 বর্গ সেমি. ক্ষেত্রফল-বিশিষ্ট একটি ধাতব তলের উপর 0·005 মিমি. পুরু আস্তরণ ফেলিতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়া কত সময় ধরিয়া 3 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিতে হইবে? সিলভারের ঘনত্ব 10·5 গ্রাম/ঘন সেমি.। (Ag=108, F=96500 কুলম্ব) [I. I. T. 1985]

সমাধান : 0·005 মিমি.=0·0005 সেমি.

ধাতব আস্তরণের আয়তন = $80\times0{\cdot}0005$ ঘন সেমি. = 0·04 ঘন সেমি.

ধাতব আস্তরণের ভর = $0{\cdot}04\times10{\cdot}5$ গ্রাম = 0·42 গ্রাম

$$W=\frac{E}{F}\times c\times t$$

$$t=\frac{W\times F}{E\times c}=\frac{0{\cdot}42\times96500}{108\times3}=125{\cdot}1 \text{ সেকেণ্ড}$$

সার-সংক্ষেপ

তড়িৎ পরিবাহী এবং তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থ : যে-সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণ করিতে সক্ষম তাহাদিগকে তড়িৎ পরিবাহী পদার্থ বলে। যে-সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে না তাহাদিগকে তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থ বলে।

তড়িৎ পরিবহণ : তড়িৎ পরিবহণ দুই উপায়ে হয় : (i) ধাতু দ্বারা, (ii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্বারা। অবশ্য কিছু কিছু অধাতব পদার্থ এবং তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থকেও তড়িৎ পরিবহণ করিতে দেখা যায় (তরল হিলিয়াম, কঠিন গ্রাফাইট, কঠিন হাইড্রোজেন)।

ধাতব পরিবাহী বা ইলেকট্রনিক পরিবাহী : যে-সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণের ফলে রাসায়নিকভাবে রূপান্তরিত হয় না তাহাদিগকে ধাতব পরিবাহী বলে। ধাতুর ক্ষেত্রে ধাতুর পরমাণুর মধ্যে অবস্থিত ইলেকট্রন তড়িৎ পরিবহণে সহায়তা করে। তাই ধাতব পরিবাহীকে অনেক সময় ইলেকট্রনিক পরিবাহী বলে।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ : যে-সকল পদার্থ গলিত অবস্থায় অথবা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করে এবং তড়িৎ পরিবহণকালে রাসায়নিকভাবে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়, তাহাদের তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বলে।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ : গলিত অবস্থায় অথবা দ্রবীভূত অবস্থায় কোনও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎ চালনা করিলে যে-রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, তাহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলে।

যে-পাত্রের মধ্যে বিশ্লেষণ কার্যটি সমাধান করা হয় তাহাকে **তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ** অথবা **ভোল্টামিটার** বলে।

যে-দুইটি ধাতব দণ্ডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে তড়িৎ পরিচালিত করা হয় তাহাদিগকে **তড়িৎ-দ্বার** বা **ইলেকট্রোড** বলে। ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারকে **অ্যানোড** এবং ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারকে **ক্যাথোড** বলা হয়।

আরেনিয়াসের তড়িৎ-বিশ্লেষণ তত্ত্ব :

(i) তাঁহার মতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎবাহী কণার সৃষ্টি হয়। ইহাদের নাম **আয়ন**। এই বিয়োজন উভমুখী এবং দ্রবণে একটি আয়নীয় সাম্যের সৃষ্টি হয়। ধনাত্মক তড়িৎবাহী আয়নের নাম **ক্যাটায়ন** এবং ঋণাত্মক তড়িৎবাহী আয়নের নাম **অ্যানায়ন**।

(ii) দ্রবণকে যত লঘু করা হইবে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থটি ততই আয়নিত হইবে এবং দ্রবণটি লঘু করিতে করিতে এমন অবস্থায় আসিবে যখন বিশ্লেষ্য পদার্থটি সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়া যাইবে। তখন দ্রবণটি **পূর্ণ-লঘুতা** প্রাপ্ত হইবে।

(iii) আরেনিয়াস তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থকে দুই-ভাগে ভাগ করেন।

(a) **মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ :** যে-সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলে অল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয় তাহাদিগকে মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বলা হয়। (b আবার যে-সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত হইয়া বেশি পরিমাণে বিয়োজিত হয় তাহাদিগকে তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বলা হয়।

(iv) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে তড়িৎ পরিচালনা করিলে আয়নগুলি তড়িৎ পরিবহণ করে। ক্যাটায়নগুলি ধনাত্মক আধান বহন করিয়া ক্যাথোডের অভিমুখে যাইয়া ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া প্রশমিত হয়। ঋণাত্মক আয়নগুলি ঋণাত্মক আধান বহন করিয়া অ্যানোড অভিমুখে যায় এবং অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া প্রশমিত হয়। ইহার ফলে তড়িৎ-প্রবাহ চালু থাকে।

(v) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলেই আয়ন সৃষ্টি হয়। বিভব প্রভেদ কেবলমাত্র আয়নগুলিকে তড়িৎ-দ্বারে গমনে সাহায্য করে।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে একাধিক প্রকারের ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন উপস্থিত থাকিলে কোন ক্যাটায়ন ক্যাথোডে সর্বপ্রথম প্রশমিত হইবে অথবা কোন অ্যানায়ন অ্যানোডে সর্বপ্রথম প্রশমিত হইবে তাহা নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল :

(i) তড়িৎ-দ্বারের মধ্যস্থিত বিভব প্রভেদ ; (ii) তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব ; (iii) তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে মৌলগুলির অবস্থান ; (iv) ইলেকট্রোডের প্রকৃতি ; (v) দ্রবণের গাঢ়ত্ব।

কয়েকটি পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : (a) সালফিউরিক অ্যাসিড, (b) জিঙ্ক ক্লোরাইড, (c) জল, (d) কপার সালফেট দ্রবণ : (i) কপার তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া, (ii) প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া ; (e) সোডিয়াম সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ, (f) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : (i) প্লাটিনাম ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া, (ii) গ্রাফাইট ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া, (iii) মারকারি ক্যাথোড এবং গ্রাফাইট অ্যানোড ব্যবহার করিয়া।

ক্ষরণ-বিভব বা মুক্তি বিভব : তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে যে-বিভব প্রভেদ সৃষ্টি করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ শুরু এবং শেষ হয় তাহাকে ক্ষরণ-বিভব বা মুক্তি বিভব বলে।

অতি বিভব : অনেক সময় দেখা যায় যে, কোনও নির্দিষ্ট আয়নমুক্ত করিতে প্রয়োজনীয় মুক্তি বিভবের অতিরিক্ত বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করিতে হয়। এই অতিরিক্ত বিভব-প্রভেদকে বলা হয় অতিবিভব।

ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র

প্রথম সূত্র : তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে যে-কোন ইলেকট্রোড উৎপন্ন পদার্থের ওজন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতিক $W = Z \times c \times t$। Z-কে তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক : কোনও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া 1 কুলম্ব তড়িৎ অথবা 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে অথবা অ্যানোডে কোন পদার্থের যত পরিমাণ সঞ্চিত অথবা মুক্ত হয় তাহা সেই পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

দ্বিতীয় সূত্র : বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হইলে বিভিন্ন ইলেকট্রোডে সঞ্চিত অথবা মুক্ত পদার্থের ওজন পদার্থগুলির নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক।

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \quad \text{আবার,} \quad W_1 = Z_1 Q, \; W_2 = Z_2 Q$$

$$\therefore \frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

ফ্যারাডেঃ ফ্যারাডের সূত্র দুইটি যুক্ত করিলে আমরা পাই,

$$W \propto Q$$
$$\propto E$$

অর্থাৎ $W \propto Q.E$

বা, $W = \frac{1}{F} . Q.E$ যখন $\frac{1}{F}$ = ধ্রুবক

$$= \frac{E}{F} . Q = \frac{E}{F} \times c \times t$$

যদি W = E হয়, তাহা হইলে Q = F

সুতরাং কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া F পরিমাণ তড়িৎ চালনা করিলে তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত যে-কোন পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত ওজন পদার্থটির গ্রাম-তুল্যাঙ্ক-ভারের সমান হইবে। সুতরাং যত পরিমাণ তড়িৎ কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া চালনা করিলে তড়িৎ-দ্বারে কোন পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ মুক্ত হয় তাহার মান ধ্রুবক এবং তাহাকে একক ফ্যারাডে তড়িৎ (F) বলা হয়। পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে 1F=96500 কুলম্ব।

ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রের তাৎপর্যঃ মৌলগুলি যেমন কতগুলি ক্ষুদ্রতম পরমাণুর দ্বারা গঠিত, তড়িৎও সেইরূপ কতগুলি ক্ষুদ্রতম তড়িতের পরিমাণের সমষ্টি যাহার মান একটি ইলেকট্রনের আধানের সমান অথবা যাহার মান

$\frac{F}{N}$ (F=1 ফ্যারাডে, N = অ্যাভাগেড্রো সংখ্যা)

$$\therefore \quad e = \frac{F}{N} \quad \text{বা,} \quad F = N.e$$

গলিত পদার্থের মধ্য দিয়া অথবা বিশুদ্ধ তরল পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎ পরিবহণঃ (a) গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ, (b) গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের জলে দ্রবীভূত অবস্থায় বিয়োজনের কারণঃ জলের ডাইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান বেশি বলিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি জলে দ্রবীভূত হইলে আয়নে বিয়োজিত হয়।

ফ্যারাডের সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণঃ (i) প্রথম সূত্র, (ii) দ্বিতীয় সূত্র।

সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়।

পরমাণু ও আয়নের তুলনা।

তড়িৎ-বিয়োজন ও তাপ-বিয়োজনের পার্থক্য।

বিয়োজন এবং বিভঞ্জন বা বিযোজনের পার্থক্য।

শিল্পে তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ—(i) ধাতু নিষ্কাশন, (ii) তড়িৎ-লেপন, (iii) ইলেকট্রোটাইপিং, (iv) তড়িৎ-বিশোধন।

অন্যান্য ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ ঃ

(a) রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়। (b) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. কত রকম উপায়ে তড়িৎ পরিবহণ হইতে পারে? তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ কাহাকে বলে [Tripura 1982, '85] এবং তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থ কাহাকে বলে? তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের তড়িৎ-পরিবাহিতা এবং ধাতুর তড়িৎ-পরিবাহিতার মধ্যে পার্থক্য কি? [H. S. 1985]

2. তড়িৎ-বিশ্লেষণ কি তাহা বুঝাইয়া দাও। আরেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজন তত্ত্ব কি? এই তত্ত্ব কিভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণকে ব্যাখ্যা করিতে পারে?

3. তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এবং অবিশ্লেষ্য পদার্থের মূল পার্থক্য উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও। HCl এবং CH_3COOH দ্রবণের তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা আলাদা কেন? [H. S. 1980]

4. কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থে একাধিক ক্যাটায়ন এবং একাধিক অ্যানায়ন উপস্থিত থাকিলে তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে ক্যাথোডে বা অ্যানোডে কোন্‌টি আগে মুক্ত হইবে তাহা কতকগুলি শর্তের উপর নির্ভরশীল—শর্তগুলি এক একটি করিয়া আলোচনা কর।

5. নিম্নলিখিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলির তড়িৎ-বিশ্লেষণ সবিস্তারে বর্ণনা কর ঃ (i) লঘু H_2SO_4, (ii) $ZnCl_2$-এর দ্রবণ, (iii) অ্যাসিডমিশ্রিত জল, (iv) $CuSO_4$ দ্রবণ, (v) Na_2SO_4-এর দ্রবণ, (vi) NaCl-এর দ্রবণ।

যথাক্রমে Cu-তড়িৎ-দ্বার এবং Pt-তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে কি ঘটিবে বল। [J. E. 1978]

6. ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রগুলি লিখ এবং ব্যাখ্যা কর। [Tripura, '83; H. S. '83, '84] তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কাহাকে বলে? [H. S. '82; Tripura '82, '83, '85] 'এক ফ্যারাডে' কথাটির অর্থ কি? এক ফ্যারাডের মান কত? [H. S. '79; Tripura, '81]

7. কোন মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সহিত ইহার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সম্পর্ক কি? [Tripura, '82, '83, '85; J. E. '81, '83] দেখাও যে, যে-কোনও মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ মুক্ত করিতে নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন এবং উহা এক ফ্যারাডের সমান।

8. ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সূত্রের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। প্রমাণ কর, $F=Ne$ যখন $F=1$ ফ্যারাডে, $N=$অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা এবং $e=$একটি ইলেকট্রনের আধান।

9. একটি ইলেকট্রনের তড়িদাধান কত ? [H. S. 1982] Na^+, Cl^- Ca^{++}, SO_4^{--}, PO_4^{-3} এবং Al^{+3} আয়নগুলির তড়িদাধানের প্রকৃতি এবং পরিমাণ নির্ণয় কর।

10. গলিত পদার্থ অথবা বিশুদ্ধ তরল পদার্থ দিয়া কিভাবে বিদ্যুৎ পরিবাহিত হয় ব্যাখ্যা কর। গলিত অবস্থায় NaOH এবং NaCl-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ কিভাবে ঘটে ?

11. সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয় না কেন ? $CuSO_4$ দ্রবণকে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে কি হইবে ব্যাখ্যা কর। [H. S. 1985]

12. তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলে আয়নে বিয়োজিত হইবার কারণ কি ? কোন অধ্রুবীয় জৈব দ্রাবকে উহারা আয়নিত হয় না কেন ?

13. ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি বিবৃত কর। [J. E. 1981] সূত্র দুইটিকে একটি সমীকরণের মাধ্যমে প্রকাশ কর। [J. E. 1979] ফ্যারাডের সূত্র হইতে প্রমাণ কর যে, জলীয় দ্রবণে একটি আয়নের তড়িদাধান একটি ক্ষুদ্রতম তড়িদাধানের ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক। [J. E. 1981] সূত্র দুইটি পরীক্ষার দ্বারা কিভাবে প্রমাণ করিবে ?

14. অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িৎ পরিবহণ করে না কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কেন ? [H. S. 1984]

15. ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র দুইটির সাহায্যে প্রমাণ কর যে, যে-কোন মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্যাথোডে বা অ্যানোডে মুক্ত করিতে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িতের প্রয়োজন। [J. E. 1984]

16. (a) তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার এবং তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কি ভাবে নির্ণয় করা যায় ? পরীক্ষার দ্বারা সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

(b) পরমাণু এবং আয়নের পার্থক্য নির্দেশ কর।

17. তড়িৎ-বিয়োজন এবং তাপ-বিয়োজনের মধ্যে কি কি পার্থক্য বর্তমান ?

18. শিল্পে তড়িৎ-বিশ্লেষণের বিভিন্ন প্রয়োগ লইয়া আলোচনা কর। লঘু H_2SO_4-এর দ্রবণ এবং লঘু NaCl-এর দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ পরিচালনা করিলে কি হয় ? [Tripura, 1985]

19. টীকা লিখ :

(i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ, (ii) আয়ন, (iii) ভোল্টামিটার, (iv) ইলেকট্রোড, (v) ক্যাথোড, (vi) অ্যানোড, (vii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষ, (viii) ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়ন, (ix) কুলম্ব, (x) ফ্যারাডে (H. S. 1982), (xi) দুর্বল এবং তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ, (xii) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক [H. S. '78, '81, '82, Tripura, 1984]।

20. ব্যাখ্যা কর :

(i) NaCl দ্রবণের তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণের তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা অপেক্ষা বেশি।

(ii) (a) NaCl-এর দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে কিন্তু চিনির দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে না।

(b) NaCl-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে ক্যাথোডে ধাতব সোডিয়াম উৎপন্ন হয় না। [J. E. 1984]

(iii) (a) কঠিন NaOH তড়িৎ-পরিবহণ করে না কিন্তু গলিত অথবা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় উহা তড়িৎ পরিবহণ করিতে পারে। (b) অনার্দ্র তরল HCl এবং বিশুদ্ধ জল উভয়ই তড়িতের অপরিবাহী, কিন্তু জলে HCl দ্রবীভূত করিলে দ্রবণটি তড়িৎ পরিবহণ করিতে সক্ষম। [J. E. 1981, I. I. T. '85]

(iv) পরমাণু অপেক্ষা আয়ন অধিক স্থায়ী, যেমন Na^+ জলের সহিত বিক্রিয়া করে না। [J. E. 1981]

(v) (a) NaCl-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে H_2 উৎপন্ন হয়। (b) CH_3COOH অপেক্ষা HCOOH তীব্র অ্যাসিড। [I. I. T 1985]

(vi) (a) NaOH এবং H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে এবং অ্যানোডে যথাক্রমে একই পদার্থ উৎপন্ন হয়।

(vii) জলীয় দ্রবণে একটি আয়নের তড়িদাধান তড়িতের একটি ক্ষুদ্রতম এককের পূর্ণ সংখ্যার সরল গুণিতক।

(viii) শুধুমাত্র তড়িৎযোজী মৌলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব সমযোজী যৌগের নহে। [H. S. 1978]

(ix) ইলেকট্রনের আধান জানা থাকিলে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা নির্ণয় সম্ভব। (H. S. 1978)

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. কোন্‌টি সঠিক বল

(a) 18 গ্রাম জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। উৎপন্ন অক্সিজেনের পরিমাণ (i) 8 গ্রাম, (ii) 16 গ্রাম, (iii) 32 গ্রাম, (iv) 4 গ্রাম।

(b) উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন N. T. P.-তে (i) 22·4 লিটার, (ii) 11 2 লিটার, (iii) 5·6 লিটার, (iv) 2·8 লিটার।

2. নির্দিষ্ট পরিমাণ অ্যাসিডমিশ্রিত জলে 965 সেকেণ্ড ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিবার পর ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন 112 মিলি.। বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণ—(i) 1 অ্যাম্পিয়ার, (ii) $\frac{1}{2}$ অ্যাম্পিয়ার, (iii) 0·1 অ্যাম্পিয়ার, (iv) 2 অ্যাম্পিয়ার।

3. $CuBr_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়া 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 16 মিনিট 5 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করা হইল। অ্যানোডে মুক্ত Br-এর পরিমাণ কত? ক্যাথোডে এবং অ্যানোডে সংঘটিত বিক্রিয়া দুইটি লিখ। (Br = 80)

[I. I. T. 1974]

4. NaOH দ্রবণের মধ্য দিয়া 965 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করা হইল। অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন N. T. P.-তে (i) 56 মিলি., (ii) 112 মিলি., (iii) 224 মিলি., (iv) 448 মিলি.—কোন্‌টি সঠিক?

5. 10 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 15 মিনিট ধরিয়া $AgNO_3$ দ্রবণে পরিচালিত করিবার পর ক্যাথোডে 10·14 গ্রাম Ag মুক্ত হইল। Ag-এর তুল্যাঙ্কভার কত? (F = 96500)

6. F = 96500 কুলম্ব, $N = 6{\cdot}02 = 10^{23}$, একটি ইলেকট্রনের তড়িদাধান কুলম্ব এককে কত?

7. A এবং B দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হইল। A কোষে প্লাটিনাম ইলেকট্রোডসহ Ag_2SO_4 দ্রবণ আছে। B কোষে কপার ইলেকট্রোডসহ $CuSO_4$ দ্রবণ আছে। তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করার ফলে A কোষের অ্যানোডে 1·6 গ্রাম অক্সিজেন মুক্ত হইল। (i) প্রত্যেক ইলেকট্রোডে সংঘটিত বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি লিখ। (ii) কোষ দুইটির ক্যাথোডে উৎপন্ন পদার্থগুলির পরিমাণ নির্ণয় কর। (Ag = 108, Cu = 63·5)

[I. I. T. 1975]

8. 100 মিলি. 0·8M $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 30 মিনিট ধরিয়া পরিচালিত করা হইল। বিশ্লেষণের পর দ্রবণে অবশিষ্ট $CuSO_4$-এর পরিমাণ কত? [I. I. T. 1975]

9. শূন্যস্থান পূরণ কর:

(a) এক কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা মুক্ত অথবা দ্রবীভূত পদার্থের ওজনকে —বলা হয়।

(b) এক ফ্যারাডে তড়িৎ-দ্বারা মুক্ত অথবা দ্রবীভূত পদার্থের ওজনকে—— বলা হয়।

(c) এক মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্ক পদার্থ মুক্ত অথবা দ্রবীভূত হইতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ——।

(d) 1 কুলম্ব তড়িৎ-দ্বারা মুক্ত হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন——।

(e) 96500 কুলম্ব তড়িৎ-দ্বারা মুক্ত অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন—।

(f) H^+-এর তড়িদাধানের পরিমাণ – কুলম্ব।

(g) Cl^--এর তড়িদাধানের পরিমাণ—কুলম্ব।

(h) কোন মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $= \frac{E}{\ldots}$

(i) $F = N \times \ldots$

(j) $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে 63·5 গ্রাম কপার মুক্ত হইতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ—ফ্যারাডে।

(k) $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে 31·75 গ্রাম কপার মুক্ত করিতে 0·965 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ — সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিতে হইবে।

(l) $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে 108 গ্রাম Ag মুক্ত করিতে 1000 সেকেণ্ড ধরিয়া —অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিতে হইবে।

10. 0·965 কুলম্ব তড়িৎ $CaCl_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে ক্যাথোডে মুক্ত ক্যালসিয়ামের পরমাণু সংখ্যা কত ?

11. অ্যাসিডমিশ্রিত জল হইতে $6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু মুক্ত করিতে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ কতক্ষণ ধরিয়া পরিচালিত করিতে হইবে ?

12. $6{\cdot}023\times10^{23}$ অণু অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে 10 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ কতক্ষণ ধরিয়া পরিচালিত করিতে হইবে ?

13. একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়া 100 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 965 সেকেণ্ড ধরিয়া পরিচালিত করা হইল। তারটির যে-কোন একটি বিন্দুতে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যা কত ?

14. Ni ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া 1 লিটার 1M $NiSO_4$ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। বিশ্লেষণের পর দ্রবণে $NiSO_4$-এর পরিমাণ কমিবে না অপরিবর্তিত থাকিবে ?

15. Cu-ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া 1 লিটার 1M $CuSO_4$ দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। বিশ্লেষণের পর দ্রবণের মাত্রা কমিবে না অপরিবর্তিত থাকিবে ?

16. প্লাটিনাম ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া NaOH দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়—ইহার কারণ কি ?

17. কোন মৌলিক পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক একটি ইলেকট্রোডে মুক্ত করিতে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ। (i) প্রতি সেকেণ্ডে এক অ্যাম্পিয়ার, (ii) প্রতি সেকেণ্ডে 96500 কুলম্ব, (iii) প্রতি ঘণ্টায় 1 অ্যাম্পিয়ার, (iv) এক মোল ইলেকট্রনের আধানের সমান—কোন্‌টি ঠিক ? [I. I. T. 1984]

18. ফ্যারাডের সূত্র কাহার সহিত সম্পর্কিত ?

(i) ক্যাটায়নের পরমাণু ক্রমাঙ্ক, (ii) অ্যানায়নের পরমাণু ক্রমাঙ্ক, (iii) ইলেকট্রোলাইটের তুল্যাঙ্কভার, (iv) ক্যাটায়নের গতি। [I. I. T. 1983]

19. গলিত NaCl তড়িৎ পরিবহণ করে (i) মুক্ত ইলেকট্রনের জন্য, (ii) মুক্ত আয়নের জন্য, (iii) মুক্ত অণুর জন্য, (iv) Na এবং Cl পরমাণুর জন্য—কোন্‌টি ঠিক ? [I. I. T. 1981]

20. Ca ধাতু নিষ্কাশন করিতে হইলে নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলির কোন্‌টি প্রয়োগ করিতে হইবে ?

(i) গলিত $CaCl_2$-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ, (ii) $CaCl_2$-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ, (iii) $CaCl_2$-কে কার্বন দ্বারা বিজারণ (iv) লাইমস্টোনের তাপ-জারণ। [I. I. T. 1980]

21. ব্যাখ্যা কর :

(a) অনার্দ্র HCl তড়িতের কুপরিবাহী কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িতের সুপরিবাহী।

(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিড অপেক্ষা ফরমিক অ্যাসিড তীব্র।

(c) তরল অ্যামোনিয়াতে ধাতব Na দ্রবীভূত করিলে তড়িৎ পরিবহণ করে। [I. I. T. 1985]

22. টিন অ্যানোড ব্যবহার করিয়া $SnCl_2$-কে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির মধ্যে কোন্‌টি ঘটিবে বল :

(i) $Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$. (ii) $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$,
(iii) $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

23. $Ni(SO_4)$-এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি ঘটে

$$2H_2O = 2O_2 + 4H^+ + 4e$$

অ্যানোডটি কোন্ ধাতু দিয়া প্রস্তুত (i) Ni, (ii) Cu, (iii) গোল্ড

24. K_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় একটি ইলেকট্রোডের সন্নিকটে ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ পাইল। উল্লিখিত ইলেকট্রোডটি ব্যাটারীর কোন্ মেরুর সহিত যুক্ত? (i) ধনাত্মক, (ii) ঋণাত্মক

25. একটি লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে দেখা গেল যে, একটি ইলেকট্রোডের সন্নিকটে ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ পাইতেছে। নিম্নলিখিত লবণগুলির মধ্যে কোন্‌টির তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হইয়াছিল? (i) KCl, (ii) $CuCl_2$, (iii) $Cu(NO_3)_2$

26. NaOH-এর জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিয়া দেখা গেল অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেনের N. T. P.-তে আয়তন 2·8 লিটার। ক্যাথোডে মুক্ত হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন কত?

(i) 2·8 লিটার, (ii) 5·6 লিটার, (iii) 11·2 লিটার, (iv) 22 4 লিটার

27. $CuCl_2$-এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর দেখা গেল যে, ক্যাথোডের 3·2 গ্রাম ওজন বৃদ্ধি হইয়াছে। বিশ্লেষণে ব্যবহৃত কপার অ্যানোডে কি ঘটিয়াছিল?

(i) 0·112 লিটার Cl_2 মুক্ত হইয়াছিল, (ii) 0·56 লিটার অক্সিজেন মুক্ত হইয়াছিল, (iii) 0·1 মোল Cu^{+2} দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়াছিল, (iv) 0·05 মোল Cu^{+2} দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়াছিল।

28. নিষ্ক্রিয় ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া গলিত NaOH এবং $NiCl_2$-কে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে দুইটি ইলেকট্রোডে কি কি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিবে?

29. প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া নিম্নলিখিত পদার্থগুলির জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে বিভিন্ন ইলেকট্রোডে কি কি বিক্রিয়া ঘটিবে ?
(i) লঘু H_2SO_4 (ii) $CuCl_2$ (iii) $Pb(NO_3)_2$

30. কার্বন ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া $BaCl_2$ এবং $Pb(NO_3)_2$-এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে বিভিন্ন ইলেকট্রোডে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি লিখ।

31. নিষ্ক্রিয় তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া $FeCl_3$-এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে এবং অ্যানোডে সংঘটিত বিক্রিয়ার সমীকরণ কি হইবে ?

32. $ZnCl_2$-এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিবার সময় (a) Zn অ্যানোড ব্যবহার করিলে কি ঘটিবে এবং (b) কার্বন অ্যানোড ব্যবহার করিলে কি ঘটিবে ?

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 0·75 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 ঘণ্টা ধরিয়া $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে কত ওজনের Ag ক্যাথোডে মুক্ত হইবে ? [Ag-এর পারমাণবিক ওজন = 108] (উঃ। 3·02 গ্রাম)

2. KI দ্রবণে কি পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ 100 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিলে 10 গ্রাম I_2 মুক্ত হইবে ? (উঃ। 1·27 অ্যাম্পিয়ার)

3. দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত আছে। একটিতে $CuSO_4$ দ্রবণ এবং অপরটিতে $AgNO_3$ দ্রবণ অছে। Pt তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে কোষ দুইটির মধ্য দিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া চালনা করার ফলে প্রথম কোষটিতে 0·637 গ্রাম Cu মুক্ত হইল। একই সময়ে অপর কোষটিতে কত পরিমাণ Ag মুক্ত হইবে ? (Cu = 63·5, Ag = 108) (উঃ। 2·17 গ্রাম)

4. দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষের একটিতে $CuSO_4$ দ্রবণ এবং অপরটিতে $AgNO_3$ দ্রবণ বর্তমান। কোষ দুইটিকে শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত করিয়া নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিবার ফলে মুক্ত Cu এবং Ag-এর ওজন যথাক্রমে 0·106 গ্রাম এবং 0·3597 গ্রাম। Cu-এর তুল্যাঙ্কভার 31·8 হইলে Ag-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উঃ। 107·91)

5. H_2SO_4 অ্যাসিডমিশ্রিত জল, $CuSO_4$ দ্রবণ এবং $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়া Pt তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে একসঙ্গে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হইল। প্রত্যেকটি কোষে কি কি পদার্থ মুক্ত হইবে ? অ্যাসিড মিশ্রিত জল হইতে যখন 200 সি. সি. H_2 (N. T. P.-তে) উৎপন্ন হইবে ঐ সময়ে অন্যান্য তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত পদার্থগুলির ওজন কত হইবে ? (Cu=63·5 Ag=108)

(উঃ। প্রথম কোষ : অ্যানোড O_2 = 0·144 গ্রাম ; ক্যাথোড H_2 = 0·018 গ্রাম
দ্বিতীয় কোষ : ক্যাথোড Cu=0·5724 গ্রাম ; অ্যানোড O_2=0·144 গ্রাম
তৃতীয় কোষ : ক্যাথোড Ag = 1·944 গ্রাম ; অ্যানোড O_2 = 0·144 গ্রাম)

6. তিনটি তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত আছে। প্রথমটিতে Ni তড়িৎ-দ্বারসহ $NiSO_4$ দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে সিলভার অ্যানোড এবং কপার ক্যাথোড-সহ সিলভার পটাসিয়াম সায়ানাইড, $K[Ag(CN)_2]$ দ্রবণ এবং তৃতীয়টিতে Cu তড়িৎ-দ্বারসহ $CuSO_4$ দ্রবণ আছে। নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-চালনা করিবার পর তৃতীয় কোষের Cu ক্যাথোডের 2 গ্রাম ওজন বৃদ্ধি হইল। অন্যান্য তড়িৎ-দ্বারগুলিতে ওজন হ্রাসবৃদ্ধির পরিমাণ নির্ণয় কর। (Cu=63·5, Ni=58·72, Ag=108)

(উঃ। প্রথম কোষে হ্রাসবৃদ্ধি=1·8717 গ্রাম
দ্বিতীয় ,, ,, =6·7295 ,,
তৃতীয় ,, অ্যানোডের হ্রাস=2 গ্রাম)

7. $CuSO_4$ দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ চালিত করিয়া 1000 গ্রাম Cu মুক্ত করিতে কত কুলম্ব তড়িতের প্রয়োজন? এক কুলম্ব তড়িৎ 0·001118 গ্রাম Ag মুক্ত করিতে পারে। (Ag=108) (উঃ। 2949466 কুলম্ব)

8. 50000 কুলম্ব তড়িৎ কত গ্রাম Ag^{+}, Cu^{+2} এবং Fe^{+3} মুক্ত করিবে?

(উঃ। 56 গ্রাম, 16·5 গ্রাম, 9·65 গ্রাম)

9. 500 মিলি. অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ এক ঘণ্টা ধরিয়া প্রবাহিত হইবার পর একটি দ্রবণ হইতে 0·6095 গ্রাম জিঙ্ক মুক্ত করিল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (উঃ। 32·67)

10. 1500 কুলম্ব তড়িৎ অনুরূপ (corresponding) দ্রবণ হইতে কত গ্রাম ক্লোরিন, কত গ্রাম ক্যালসিয়াম এবং কত গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম মুক্ত করিবে?

(উঃ। 0·553, 0·312 গ্রাম, 0·14 গ্রাম)

11. এক গ্রাম H_2 মুক্ত করিতে অ্যাসিডমিশ্রিত জলের মধ্য দিয়া এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ কত সময় ধরিয়া চালনা করিতে হইবে? (উঃ। 26·8 ঘণ্টা)

12. 100 ভোল্ট বিভব-প্রভেদ এবং 50 ওহম রোধযুক্ত একটি তড়িৎ-বর্তনীতে এক ঘণ্টা ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ঐ তড়িৎ একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হইতে কত করিমাণ Na মুক্ত করিতে পারিবে? (উঃ। 1·72 গ্রাম)

13. 0·25 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 60 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিবার পর তড়িৎ-দ্বারে কত পরিমাণ Cu^{+} এবং Cu^{+2} উৎপন্ন হইবে?

(উঃ। 0·593 গ্রাম এবং 0·297 গ্রাম)

14. অ্যাসিডমিশ্রিত জলে 0·25 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 24 ঘণ্টা ধরিয়া প্রবাহিত করিলে 27°C উষ্ণতা এবং 740 মি.মি. চাপে কত আয়তন H_2 এবং O_2 উৎপন্ন হইবে? (উঃ। 284 লিটার, 142 লিটার)

15. $SbCl_3$ দ্রবণে 10 মিলি. অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 10 মিনিট ব্যাপিয়া পরিচালিত করিলে কি পরিমাণ Sb উৎপন্ন হইবে? (Sb=122)

(উঃ। 0·0025 গ্রাম)

16. এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অক্সিজেন মুক্ত করিতে 50 মিলি. অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ কত মিনিট ধরিয়া পরিচালিত করিতে হইবে ? (উঃ। 32166 মিনিট)

17. 1 মিলি. অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1·00 সেকেণ্ডের জন্য প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে কত সংখ্যক Cu^{++} মুক্ত হইবে ? (উঃ। $3·12 \times 10^{15}$)

18. 0·100 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 1·00 ঘণ্টা ধরিয়া পরিচালিত করিলে কত গ্রাম Fe^{+2} Fe^{+3}-এ পরিণত হইবে ? (উঃ। 0·208 গ্রাম)

19. অ্যাসিডমিশ্রিত জলের মধ্য দিয়া 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 250 মিনিট ধরিয়া পরিচালিত করিলে কত ওজনের জল বিশ্লিষ্ট হইবে ? (উঃ। 7·00 গ্রাম)

20. 0·001 মিলি. অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ একটি কপার তারের মধ্য দিয়া 0·001 সেকেণ্ড ধরিয়া পরিচালিত হইলে তারটির মধ্য দিয়া কতগুলি ইলেকট্রন প্রবাহিত হইবে ? (উঃ। $6·24 \times 10^{9}$ ইলেকট্রন)

21. 0·0010 ফ্যারাডে তড়িৎ N. T. P-তে কত আয়তন ক্লোরিন এবং অক্সিজেন মুক্ত করিবে ? (উঃ। $O_2 = 5·6$ মিলি. ; $Cl_2 = 11·2$ মিলি.)

22. 500 মিলি. 0·25 N $CuSO_4$ দ্রবণের Cu^{++}-কে সম্পূর্ণভাবে মুক্ত করিতে 75 মিলি অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ কত সময় ধরিয়া পরিচালিত করিতে হইবে ? (উঃ। 2680 মিনিট)

23. একটি ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 32 মিনিট ধরিয়া পরিচালিত করিবার পর 0·3158 গ্রাম ধাতু মুক্ত হইল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [Bombay 1962] (উঃ। 31·74)

24. একটি $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া 16 মিনিট 5 সেকেণ্ড ধরিয়া 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ চালিত করিলে ক্যাথোডে কি পরিমাণ Cu সঞ্চিত হইবে ? F = 96500 কুলম্ব ; Cu-এর পারমাণবিক ওজন = 63·8 [Delhi Pre-Med. 1964] (উঃ। 0·638 গ্রাম)

25. $FeCl_3$ দ্রবণ-পূর্ণ একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষে 0·10 ফ্যারাডে তড়িৎ-পরিচালিত করা হইল। ক্যাথোডে উৎপন্ন Fe-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। (Fe = 55·86, F = 96500 কুলম্ব) [Bombay, 1966] (উঃ। 1·862 গ্রাম)

26. শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষের মধ্য দিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে একটি কোষে 2·158 গ্রাম Ag এবং অপর কোষে 1·314 গ্রাম একটি ধাতু উহার ক্লোরাইড লবণ হইতে মুক্ত হইল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (Ag-এর তুল্যাঙ্কভার 107·4) [D.H.S. 1966] (উঃ। 65·7)

27. 0·101 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 20 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করার ফলে 0·04 গ্রাম Cu মুক্ত হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার এবং তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। (F=96500 কুলম্ব) [Bombay, 1967] (উঃ। 31·84, 0·00033)

28. দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষের একটিতে অ্যাসিডমিশ্রিত জল এবং অপরটিতে $CuSO_4$ দ্রবণ আছে। নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রথম কোষ হইতে 15°C উষ্ণতা এবং 750 মিমি. চাপে 40 সি.সি. H_2 এবং দ্বিতীয় কোষ হইতে 1·059 গ্রাম কপার মুক্ত করে। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (H_2-এর তুল্যাঙ্কভার 1·00) [Punjab, 1959] (উঃ। 31·44)

29. দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষ শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত আছে। প্রথমটিতে KI দ্রবণ আছে এবং দ্বিতীয়টি ওয়াটার ভোল্টামিটার (water voltmeter)। নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ ওয়াটার ভোল্টামিটার হইতে 0·05 গ্রাম H_2 মুক্ত করিলে ঐ পরিমাণ তড়িৎ প্রথম কোষে কি পরিমাণ I_2 মুক্ত করিবে?

[Delhi Pre. Med.] (উঃ। 6·3 গ্রাম)

30. দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষ শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত আছে। প্রথম কোষটিতে অ্যাসিডমিশ্রিত জল এবং দ্বিতীয়টিতে Cu-ইলেকট্রোডসহ $CuSO_4$ দ্রবণ আছে। এই কোষ দুইটির মধ্য দিয়া 0·1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 45 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিলে প্রথম কোষে উৎপন্ন O_2-এর N.T.P.-তে আয়তন এবং দ্বিতীয় কোষে মুক্ত Cu-এর ওজন কত হইবে?

[Bombay, 1945] (উঃ। $O_2 = 15·67$ c.c., Cu = 0·0889 গ্রাম)

31. একটি তড়িৎ-বিশ্লেষণ পরীক্ষায় দেখা গেল, একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ 0·1850 গ্রাম Ag মুক্ত করিতে পারে। ঐ পরিমাণ তড়িৎ 30°C উষ্ণতা এবং 719·2 মি. মি. চাপে কত আয়তন H_2 মুক্ত করিতে পারিবে? Ag-এর পারমাণবিক ওজন 108 এবং জলীয় বাষ্পের চাপ উপেক্ষা করা যাইতে পারে।

[I. I. T. 1963] (উঃ। 22·5 সি.সি.)

32. জিঙ্ক অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং নিকেল অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়া সমপরিমাণ তড়িৎ পরিচালিত করিবার পর দেখা গেল, 0·531 গ্রাম Zn এবং 0·477 গ্রাম Ni মুক্ত হইয়াছে। জিঙ্কের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 32·7 হইলে Ni-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [Delhi, 1955] (উঃ। 29·37)

33. অ্যাভোগেড্রো সংখ্যার মান $6·02 \times 10^{23}$ এবং এক ফ্যারাডে 96500 কুলম্ব হইলে একটি Ag^+-এর তড়িদাধান নির্ণয় কর। (উঃ। $1·6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব)

34. লঘু H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া 10 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 6 মিনিট 26 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে উৎপন্ন H_2-এর N.T.P.-তে আয়তন কত হইবে? এক ফ্যারাডে=96500 কুলম্ব। (উঃ। 448 সি.সি.)

35. একটি ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া 0·125 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 20 মিনিট ধরিয়া প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে 0·1677 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·0556 ক্যালোরি/গ্রাম/ডিগ্রী। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। এক ফ্যারাডে = 96500 কুলম্ব।

[I. I. T. 1965] (উঃ। 107·88)

36. সমপরিমাণ তড়িৎ 2·158 গ্রাম Ag এবং অপর একটি ধাতুর 1·314 গ্রাম মুক্ত করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [D. H. S. 1966] (উঃ। 65·7)

37. দুইটি তড়িৎ কোষের একটিতে $CuSO_4$ দ্রবণ এবং অপরটিতে $AgNO_3$ দ্রবণ আছে। দ্রবণ দুইটিতে সমপরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করার পর উৎপন্ন Cu এবং Ag-এর ওজন যথাক্রমে 0·106 গ্রাম এবং 0·3597 গ্রাম। Cu-এর তুল্যাঙ্কভার 31·8 হইলে Ag-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [C.U. 1953] (উঃ। 107·9)

38. নিষ্ক্রিয় তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে কিছু সময় ধরিয়া 19 গ্রাম গলিত $SnCl_2$-কে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। ইহার ফলে ক্যাথোডে উৎপন্ন Sn-এর পরিমাণ 0·119 গ্রাম। তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় কোন পদার্থ অপসারিত না হইলে বিশ্লেষণের পরে $SnCl_2$ এবং $SnCl_4$-এর ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর (Sn=119)

[I. I. T. 1980] (উঃ। 18·62 : 0·261)

[ইঙ্গিত : $2\ SnCl_2 \rightarrow Sn + SnCl_4$]

39. Cu^{+2} আয়নের দ্রবণ হইতে 1930 মিনিট সময়ে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ 5 গ্রাম Cu মুক্ত করে। তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ কত? একই তড়িৎ-প্রবাহ একই সময় ধরিয়া Cu^+ দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে কত পরিমাণ Cu মুক্ত হইবে? [I. I. T. 1977] (উঃ। 0·1312 অ্যাম্পিয়ার, 10 গ্রাম]

40. Hg ক্যাথোড লইয়া $CdCl_2$-কে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাডমিয়াম অ্যামালগাম গঠিত হয়। 22 গ্রাম Hg লইয়া 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হইল। 12% (ওজনগত) অ্যামালগাম গঠন করিতে কত সময় ধরিয়া তড়িৎ চালনা করিতে হইবে? (Cd=112·0) [I. I. T. 1970]

(উঃ। 17 মিনিট 14 সেকেণ্ড)

41. NaCl-এর গাঢ় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া 710 গ্রাম Cl_2 উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ তড়িতের প্রয়োজন হইবে। এই প্রক্রিয়া চলাকালে (i) দ্রবণে কত পরিমাণ NaOH উৎপন্ন হইবে এবং (ii) ক্যাথোডে উৎপন্ন H_2-এর আয়তন 27°C উষ্ণতা এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কত হইবে (F=96500 কুলম্ব)

[I. I. T. '77] (উঃ। 193000 কুলম্ব, NaOH=800 গ্রাম, H_2=246·1 লিটার)

42. $ZnCl_2$ দ্রবণ-পূর্ণ একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষের সহিত 200 ওয়াট 110 ভোল্ট-এর একটি বৈদ্যুতিক বাতি শ্রেণীসমবায়ে যুক্ত করা আছে। কোষের রোধ উপেক্ষা করা যাইতে পারে। 30 মিনিট ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে দ্রবণ হইতে কত পরিমাণ Zn মুক্ত হইবে? (Zn=654) [I. I. T. 1970]

(উঃ। 1·10 গ্রাম)

[ইঙ্গিত : অ্যাম্পিয়ার = $\frac{\text{ওয়াট}}{\text{ভোল্ট}}$]

43. জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে H_2 এবং অ্যানোডে O_2 উৎপন্ন হয়। একটি নির্দিষ্ট পরীক্ষায় উৎপন্ন H_2 এবং O_2-এর মোট আয়তন

N. T. P-তে 16·8 মিলি.। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষটিতে কত পরিমাণ তড়িৎ পরিচালিত করা হইয়াছিল? [I. I. T. 1971] (উঃ। 96·9 কুলম্ব)

44. 800 বর্গ সেমি. ক্ষেত্রফলযুক্ত একটি পাত্রের উপর Ag-এর প্রলেপ দিবার জন্য 0·2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 3 ঘণ্টা ধরিয়া চালনা করা হইল। প্রলিপ্ত Ag-এর বেধ কত হইবে? Ag-এর ঘনত্ব 10·47 গ্রাম/সি.সি.। [I. I. T. 1978]
(উঃ। 0·000288 সেমি.)

45. 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ কিছু সময় ধরিয়া পরিচালিত করিবার ফলে গলিত $AlCl_3$ হইতে 27 গ্রাম Al মুক্ত হইল।

(i) কত গ্রাম তুল্যাঙ্ক Al মুক্ত হইয়াছে?
(ii) কত গ্রাম পরমাণু Al মুক্ত হইয়াছে?
(iii) কত সংখ্যক Al পরমাণু মুক্ত হইয়াছে?
(iv) কতগুলি ইলেকট্রন মুক্ত হইয়াছিল?
(v) কত ফ্যারাডে তড়িৎ এই প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হইয়াছিল?
(vi) কতক্ষণ ধরিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ চালু ছিল।
(vii) উৎপন্ন Cl_2-এর আয়তন S. T. P-তে কত? [I. I. T. 1973]

(উঃ। 3, 1, $6·023 \times 10^{23}$, কোনও ইলেকট্রন মুক্ত হয় নাই, 3 ফ্যারাডে, 16 ঘ. 50 মি., 33·6 লিটার)

46. 0·965 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 মিনিট ধরিয়া 50 মিলি. 0·1M $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হইল। দ্রবণের আয়তনের কোন পরিবর্তন না হইলে বিশ্লেষণ শেষে Cu^{++}, H^+ এবং SO_4^{--}-এর মোলার মাত্রা কত? [I. I. T. 1967] (উঃ। 0·094 M, 0·012M, 0·1M)

47. 10^{-5} অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 16 মিনিট 5 সেকেণ্ড ধরিয়া Pt তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে $AgNO_3$-এর একটি দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হইল। ইহার ফলে ক্যাথোডের উপর এক পরমাণুর বেধযুক্ত ধাতব Ag সঞ্চিত হইল। একটি Ag পরমাণু $5·6 \times 10^{-10}$ বর্গ সেমি. স্থান আচ্ছাদিত করিলে এবং ক্যাথোড তলের 90% আচ্ছাদিত হইলে ক্যাথোড তলের মোট ক্ষেত্রফল কত?

[I. I. T. 1968] (উঃ। $5·77 \times 10^{7}$ বঃ সেমি.)

১০

রাসায়নিক সাম্য

[CHEMICAL EQUILIBRIUM]

[Syllabus : Law of mass action. Dynamic equilibrium and Equilibrium constant. La Chatelier's principle and its application with special reference to ammonia, nitric acid, sulphuric acid.]

উভমুখী বিক্রিয়া (Reversible reaction) : রসায়নবিজ্ঞানের অগ্রগতির প্রথম দিকে বিজ্ঞানিগণের ধারণা ছিল যে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি কেবলমাত্র বিক্রিয়ক পদার্থগুলির রাসায়নিক ধর্মের উপর নির্ভরশীল। ভেনৎসেল (Wenzel, 1777) প্রথম উল্লেখ করেন যে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বিক্রিয়ক পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম এবং উহাদের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। কিন্তু সমসাময়িক বিজ্ঞানিগণ তাঁহার এই বক্তব্যের প্রতি কর্ণপাত করেন নাই। 1867 খ্রীস্টাব্দে গুলড্‌বার্গ এবং ভাগে (Guldberg and Waage) বিভিন্ন ঘটনার পরিপ্রেক্ষিতে বলেন যে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া শুধু বিক্রিয়কের রাসায়নিক প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না, উহার পরিমাণের উপরও নির্ভরশীল।

এই দুই বিজ্ঞানীর বক্তব্যের পিছনে যে-সকল তথ্যগত কারণ ছিল তাহা নিম্নে লিপিবদ্ধ করা হইল :

(i) আমরা জানি, সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$Na_2CO_3 + CaCl_2 = 2NaCl + CaCO_3$$

কিন্তু মিশরের বিভিন্ন লবণ হ্রদের তীরে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম কার্বনেট (Trona) সঞ্চিত আছে। এই সঞ্চিত সোডিয়াম কার্বনেট স্থানান্তরিত করিলে পুনরায় সোডিয়াম কার্বনেটের নূতন স্তর পড়ে। এখন দেখা যাক, আসল ব্যাপারটি কি? এই লবণহ্রদগুলির জলে প্রচুর পরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইড উপস্থিত এবং এই হ্রদগুলির তীরে প্রচুর লাইম স্টোন ($CaCO_3$) বর্তমান। সুতরাং ইহা ধারণা করা ভুল হইবে না যে, যেহেতু সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট (লাইম স্টোন) প্রচুর পরিমাণে বর্তমান, তাই হ্রদের লবণাক্ত জল তীরে সঞ্চিত ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সংস্পর্শে আসিয়া পূর্ববর্ণিত বিক্রিয়াকে বিপরীতমুখী করিয়াছে। এই ঘটনায় যে বিজ্ঞানীর দৃষ্টি প্রথম আকর্ষিত হয় তাঁহার নাম বার্থোলেট (Berthollet)। বার্থোলেট এই প্রকারের অন্যান্য বিক্রিয়া লইয়াও পরীক্ষা-নিরীক্ষা চালান। যথা, বেরিয়াম সালফেটের ($BaSO_4$) সহিত কস্টিক পটাশ (KOH)-এর বিক্রিয়া এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ($CaCO_3$)

সহিত কস্টিক পটাশের বিক্রিয়া। এই সকল বিক্রিয়া অনুধাবন করিয়া বার্থোলেট এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ বাড়াইয়া কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বিপরীতমুখী করা সম্ভব। অর্থাৎ বিক্রিয়াগুলি উভমুখী।

(ii) রোজ্ (Rose 1842) দেখান যে, দ্রবণীয় কার্বনেট (Na_2CO_3) এবং অদ্রবণীয় সালফেটের ($BaSO_4$) বিক্রিয়াগুলি উভমুখী।

$$Na_2CO_3 + BaSO_4 = Na_2SO_4 + BaCO_3$$

আবার, Na_2SO_4 ও $BaCO_3$-এর পরিমাণ বাড়াইলে $Na_2SO_4 + BaCO_3 = Na_2CO_3 + BaSO_4$ বিক্রিয়াটিও সংঘটিত হয়।

(iii) বার্থেলট এবং সেন্ট গিলেস (Berthelot and St Gilles 1862) এক মোল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সহিত এক মোল ইথাইল অ্যালকহল বিক্রিয়া করাইয়া দেখেন যে, অ্যাসিড এবং অ্যালকহলের 66·6% এস্টারে এবং জলে রূপান্তরিত হইয়াছে।

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ইথাইল অ্যালকহল}}{C_2H_5OH} \rightleftharpoons \underset{\text{এস্টার (ইথাইল অ্যাসিটেট্)}}{CH_3COOC_2H_5} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

আবার তাঁহারা আরও লক্ষ্য করেন যে, যদি এস্টার (ইথাইল অ্যাসিটেট্) এবং জল পরস্পর বিক্রিয়া করে তাহা হইলে 66·6% এস্টার অবিকৃত থাকে এবং অবশিষ্টাংশ অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং ইথাইল অ্যালকহলে রূপান্তরিত হয়।

$$CH_3COOC_2H_3 + H_2O = CH_3COOH + C_2H_5OH$$

এই সব ঘটনা হইতে ইহাই প্রতিভাত হয় যে, সকল বিক্রিয়াই উভমুখী এবং বিক্রিয়ার গতি বিক্রিয়ক পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম এবং পরিমাণের উপর নির্ভরশীল।

যদি A এবং B পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া C এবং D গঠন করে এবং যদি বিক্রিয়াটি উভমুখী হয় অর্থাৎ C এবং D বিক্রিয়া করিয়া A এবং B উৎপন্ন করে, তাহা হইলে বিক্রিয়াটিকে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয় :

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

$A + B \rightarrow C + D$ বিক্রিয়াকে সম্মুখ বিক্রিয়া এবং $C + D \rightarrow A + B$ বিক্রিয়াকে বিপরীত বিক্রিয়া বলা হয়।

সুতরাং যদি কোনও বিক্রিয়া ঘটার সময় বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি যুগপৎ পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া বিক্রিয়ক পদার্থগুলি পুনরুৎপন্ন করে তাহা হইলে সেই বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলা হয়।

ভরক্রিয়া সূত্র : উপরে বর্ণিত পরীক্ষাগুলি হইতে আমরা বুঝিতে পারিয়াছি যে, বিক্রিয়ার গতির উপর বিক্রিয়ক পদার্থের পরিমাণের একটি বিশেষ প্রভাব আছে। এমন কি বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ যদি বাড়ান যায় তাহা হইলে বিক্রিয়ার গতি বিপরীতমুখী হইয়া পড়ে। বিভিন্ন পরীক্ষার উপর ভিত্তি করিয়া 1867 খ্রীস্টাব্দে গুল্ডবার্গ এবং ভাগে (Guldberg & Waage) একটি সূত্র দেন যাহার নাম **ভরক্রিয়া সূত্র** (Law of mass action)। সূত্রটি হইল :

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং সময়ে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়ক পদার্থগুলির ঐ সময়ের 'সক্রিয় ভরের' সমানুপাতিক।

বিক্রিয়কগুলি দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে অথবা গ্যাসীয় অবস্থায় থাকিলে 'সক্রিয় ভর' হইল বিক্রিয়কের আণব গাঢ়ত্ব (molar concentration)। বিক্রিয়কগুলি কঠিন অবস্থায় অথবা তরল অবস্থায় থাকিলে উহাদের 'সক্রিয় ভর'কে ধ্রুবক (constant) ধরা হয়।

নিম্নের উভমুখী গ্যাসীয় বিক্রিয়াটি লক্ষ্য করা যাক, $A+B \rightleftharpoons C+D$

ধরা যাক, সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি V_1 (অর্থাৎ একক সময়ে V_1 mole A এবং B, C এবং D-তে রূপান্তরিত হয়) এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতি V_2 (অর্থাৎ একক সময়ে V_2 মোল C এবং D, A এবং B-তে রূপান্তরিত হয়)। সুতরাং ভরক্রিয়া সূত্র অনুসারে,

$V_1 \propto C_A \times C_B$ [যখন C_A এবং C_B যথাক্রমে নির্দিষ্ট সময়ে A এবং B-এর আণব গাঢ়ত্ব।]

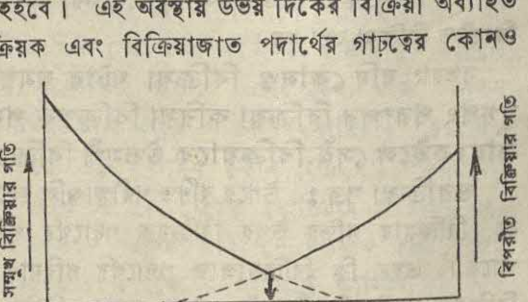
$\therefore \ V_1 = k_1 C_A C_B$ [k_1 = একটি ধ্রুবক = সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবক]

অনুরূপভাবে, $V_2 \propto C_C \times C_D$ [C_C এবং C_D যথাক্রমে C এবং D-এর আণব গাঢ়ত্ব।]

$\therefore \ V_2 = k_2 \, C_C \times C_D$ [k_2 = একটি ধ্রুবক = বিপরীত বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবক]

রাসায়নিক সাম্য (Chemical equilibrium)ঃ উভমুখী বিক্রিয়ায় সময়ের সঙ্গে সঙ্গে সম্মুখ বিক্রিয়ার বিক্রিয়কগুলির আণবিক গাঢ়ত্ব হ্রাসপ্রাপ্ত হইবে এবং বিপরীত বিক্রিয়ার বিক্রিয়কগুলির গাঢ়ত্ব বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে। সুতরাং, যত সময় অতিক্রান্ত হইবে, সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি V_1-এর মান কমিবে এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতি V_2-এর মান বাড়িবে। এইরূপ ঘটিতে থাকিলে এমন একটি সময় আসিবে যখন $V_1 = V_2$ হইবে। এই অবস্থায় উভয় দিকের বিক্রিয়া অব্যাহত থাকিলেও সময়ের সঙ্গে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্বের কোনও পরিবর্তন হইবে না। বিক্রিয়ার এই অবস্থাকে রাসায়নিক সাম্য (Chemical equalibrium) বলে।

পার্শ্বের ছকটি লক্ষ্য করিলে রাসায়নিক সাম্য ভালভাবে বুঝা যাইবে।



চিত্র 10.1

যেহেতু রাসায়নিক

সাম্যে বিক্রিয়া থামিয়া যায় না তাই রাসায়নিক সাম্য একটি গতিশীল সাম্য (Dyanamic equilibrium)।

সাম্যধ্রুবক (Equilibrium Constant) : আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি যে, কোন উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়া সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হইলে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বিপরীত বিক্রিয়ার গতির সমান হয় অর্থাৎ সাম্যাবস্থায় $V_1=V_2$ ।

পূর্বে উল্লেখিত বিক্রিয়ার ($A+B \rightleftharpoons C+D$) কথা চিন্তা করিলে আমরা পাই,

$$V_1=k_1C_AC_B$$
$$V_2=k_2C_CC_D$$

রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় $V_1=V_2$

$$\therefore \quad k_1C_AC_B=k_2C_CC_D$$

বা, $\dfrac{k_1}{k_2}=\dfrac{C_C \times C_D}{C_A \times C_B}=K=$ সাম্যধ্রুবক

সুতরাং, কোনও উভমুখী বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক হইল, বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হইলে সেই অবস্থায় বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আণব গাঢ়ত্বের গুণফল এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির আণব গাঢ়ত্বের গুণফলের অনুপাত। আবার আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, সাম্যধ্রুবক $K=\dfrac{k_1}{k_2}$। সুতরাং, আমরা বলিতে পারি কোনও বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক, সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবক (Valocity contant) এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতি ধ্রুবকের (Valocity contant) অনুপাত।

যদি উভমুখী বিক্রিয়াটি

$aA+bB \rightleftharpoons cC+dD$ হয় তাহা হইলে সাম্যধ্রুবক

$$K=\frac{C_C \times C_C \times \cdots c \text{ পদ পর্যন্ত} \times C_D \times C_D \times \cdots d \text{ পদ পর্যন্ত}}{C_A \times C_A \times \cdots a \text{ পদ পর্যন্ত} \times C_B \times C_B \times \cdots b \text{ পদ পর্যন্ত}}$$
$$=\frac{C_C{}^c \times C_D{}^d}{C_A{}^a \times C_B{}^b}$$

সুতরাং, যদি একটি উভমুখী সাধারণ বিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে লেখা হয়,

$$aA+bB+\cdots\cdots \rightleftharpoons cC+dD+\cdots\cdots$$

তাহা হইলে বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক,

$$K=\frac{C_C{}^c \times C_D{}^d \times \cdots\cdots}{C_A{}^a \times C_B{}^b \times \cdots\cdots}$$

বিভিন্ন প্রকারের সাম্যধ্রুবক (K_p এবং K_C) : বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের 'সক্রিয় ভর'কে আণব গাঢ়ত্বের (molar concentrate) দ্বারা প্রকাশ করিয়া যে-সাম্যধ্রুবক পাওয়া যায় তাহাকে K_C দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$aA+bB+\cdots \rightleftharpoons cC+dD+\cdots\cdots$ বিক্রিয়ায়

$K_C=\dfrac{C_C{}^c \times C_D{}^d \times \cdots}{C_A{}^a \times C_B{}^b \times \cdots}$ যখন C_A, C_B, C_C, C_D ইত্যাদি A, B, C, D ইত্যাদির আণব গাঢ়ত্ব। যদি বিক্রিয়াটি গ্যাসীয় হয়, তাহা হইলে যেহেতু বিক্রিয়ক

এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আংশিক চাপ উহাদের আণব গাঢ়ত্বের সমানুপাতিক, আণবিক গাঢ়ত্বের পরিবর্তে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের আংশিক চাপ ব্যবহার করা যায়। এইরূপে অপর একটি সাম্যধ্রুবক পাওয়া যায় যাহাকে K_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \quad K_P=\frac{p_C{}^c\times p_D{}^d\times\cdots}{p_A{}^a\times p_B{}^b\times\cdots}$$ যখন p_C, p_D, p_A, p_B ইত্যাদি C,D,A,B ইত্যাদির আংশিক চাপ।

K_P এবং K_C-এর মধ্যে সম্পর্ক : চার্লস এবং বয়েলের সূত্র হইতে আমরা জানি, $PV=nRT$, যখন P নির্দিষ্ট তাপমাত্রা T-তে V আয়তন কোনও গ্যাসের চাপ এবং n গ্যাসটির মোলের সংখ্যা।

$$\therefore \quad P=\frac{n}{V}RT=CRT\left(\because \ \frac{n}{V}=C=\text{গাঢ়ত্ব}\right)$$

$$\therefore \quad K_P=\frac{P_C{}^c\times P_D{}^d\times\cdots}{P_A{}^a\times P_B{}^b\times\cdots}$$

$$=\frac{(C_CRT)^c\times(C_DRT)^d\times\cdots\cdots}{(C_ART)^a\times(C_BRT)^b\times\cdots\cdots}$$

$$=\frac{C_C{}^c\times C_D{}^d\times\cdots}{C_C{}^a\times C_B{}^b\times\cdots}\times(RT)^{(c+d+\cdots)-(a+b+\cdots)}$$

$$=K_C\cdot(RT)^{\triangle n}$$

$\triangle n$=বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুর মোট সংখ্যা − বিক্রিয়ক পদার্থের অণুর মোট সংখ্যা

যখন, $\triangle n=0, K_P=K_C$; $\triangle n$ ধনাত্মক হইলে $K_P>K_C$
এবং $\triangle n$ ঋণাত্মক হইলে $K_P\angle K_C$

$$H_2+I_2\rightleftharpoons 2HI$$

বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $\triangle n=2-(1+1)=0 \quad \therefore \quad K_P=K_C$

$$PCl_5\rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$$

বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $\triangle n=2-1=1 \quad \therefore \quad K_P>K_C$, $3H_2+N_2\rightleftharpoons 2NH_3$
বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $\triangle n=2-(3+1)=-2 \quad \therefore \quad K_P\angle K_C$

রাসায়নিক সাম্যের বৈশিষ্ট্য :

(a) স্থায়িত্ব : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় রাসায়নিক সাম্যের কোনও পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ সাম্য একবার প্রতিষ্ঠিত হইলে উষ্ণতা পরিবর্তিত না করিলে সাম্য স্থায়ী হয় এবং সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্বের কোনও পরিবর্তন হয় না।

(b) সম্মুখ বিক্রিয়া অথবা বিপরীত বিক্রিয়া দ্বারা সাম্যের প্রতিষ্ঠা : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় $A+B\rightleftharpoons C+D$; এই উভমুখী বিক্রিয়ায় A এবং B বিক্রিয়া

করিলে সাম্যাবস্থায় A, B, C এবং D-এর গাঢ়ত্ব যাহা হইবে, C ও D বিক্রিয়া করিলে সাম্যাবস্থায় A, B, C, D-এর গাঢ়ত্ব তাহাই হইবে।

(c) অসম্পূর্ণতা : $A+B \rightleftharpoons C+D$ এই উভমুখী বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক $K_C=\frac{C_C \times C_D}{C_A \times C_B}$। এখন এই বিক্রিয়ায় যে-কোন একটি উপাদান অনুপস্থিত থাকিলে K_A-এর মান হয় শূন্য অথবা অসীম হইবে। কিন্তু ইহা সম্ভব নহে। অতএব উপরের বিক্রিয়ায়, যত কমই হউক না কেন প্রত্যেকটি উপাদানকে উপস্থিত থাকিতে হইবে অর্থাৎ বিক্রিয়াটি অসম্পূর্ণ থাকিবে (incomplete)।

(d) কোনও উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সম্মুখ এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতি যদি দ্রুত হয় তাহা হইলে বিক্রিয়াটি দ্রুত সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়। অপরপক্ষে যদি উভয় দিকের বিক্রিয়ার গতি ধীর হয় তাহা হইলে সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হইতে বেশি সময় লাগে।

একমুখী বিক্রিয়া (Irreversible reaction) : বাস্তবক্ষেত্রে আমরা কিছু কিছু বিক্রিয়া লক্ষ্য করি যাহা সম্পূর্ণ হয়। এই সকল বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া বলে। যেমন, $AgNO_3$ দ্রবণে HCl অ্যাসিড যোগ করিলে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়া AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। Na_2CO_3 দ্রবণে $CaCl_2$ যোগ করিলে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়া $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\uparrow$ বিক্রিয়াটি একমুখী। আসলে এই সকল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বিপরীত বিক্রিয়ার গতির অপেক্ষা এত বেশি যে, বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়াছে বলিয়া মনে করা চলে। বিপরীত বিক্রিয়ার ধীরগতির কারণ হইল বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি হয় অধঃক্ষেপ অথবা গ্যাস হিসাবে সাম্যবস্থা হইতে দূরীভূত হওয়া।

এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে যে, সকল বিক্রিয়াই উভমুখী। যে-সকল বিক্রিয়া একমুখী বলিয়া মনে হয় তাহার কারণ হইল রাসায়নিক সাম্য হইতে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আংশিক বা পূর্ণ অপসারণ।

সমসত্ত্ব সাম্য এবং অসমসত্ত্ব সাম্য (Homogeneous and Heterogeneous equilibrium) : কোন উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্য অবস্থায় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি একই ভৌত অবস্থায় থাকিলে সেই রাসায়নিক সাম্যকে **সমসত্ত্ব রাসায়নিক সাম্য** বলে। যেমন, $3H_2+N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

এই রাসায়নিক সাম্যে বিক্রিয়ক হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ অ্যামোনিয়া গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। সুতরাং ইহা একটি সমসত্ত্ব সাম্য।

$$CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ সকলেই তরল অবস্থায় থাকে। সুতরাং ইহা একটি সমসত্ত্ব সাম্য।

আবার, যে-সকল রাসায়নিক সাম্যে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি

বিভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকে সেই সকল রাসায়নিক সাম্যকে **অসমসত্ত্ব রাসায়নিক সাম্য** বলে। যেমন, $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$

এই বিক্রিয়ায় কঠিন ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করার ফলে কঠিন ক্যালসিয়াম অক্সাইড এবং গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া সাম্য সংস্থাপিত হয়। এই সাম্যে কঠিন পদার্থ এবং গ্যাসীয় পদার্থ বিদ্যমান থাকায় ইহা একটি অসমসত্ত্ব রাসায়নিক সাম্য।

লা সাটেলিয়ারের নীতি (Le Chatelier's Principle, 1884) : সকল রাসায়নিক সাম্যই তাপমাত্রা, চাপ এবং সাম্যাবস্থায় উপস্থিত উপাদানগুলির আণব গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল। যদি এই শর্তগুলির যে-কোন একটি পরিবর্তিত হয় তখন রাসায়নিক সাম্যটি বিশৃঙ্খল হইয়া পড়ে এবং নূতন করিয়া সাম্য স্থাপনে প্রয়াসী হয়। যে-কোন সাম্যে শর্তের পরিবর্তন হইলে সাম্যের পরিবর্তন কিভাবে হইবে সেই বিষয়ে লা সাটেলিয়ার একটি নীতি প্রদান করেন, যাহা নিম্নে লিপিবদ্ধ হইল।

কোন সাম্যাবস্থায় নিয়ন্ত্রণকারী শর্তের পরিবর্তন করা হইলে সাম্যটি এই পরিবর্তনজনিত ফল প্রশমিত করিয়া নূতন সাম্য প্রতিষ্ঠা করে। সুতরাং রাসায়নিক সাম্যের ক্ষেত্রেও চাপ, তাপমাত্রা, উপাদানের গাঢ়ত্ব প্রভৃতি শর্তের মধ্যে যে-কোন একটির বা একাধিকের পরিবর্তন করিলে সাম্যটি এই পরিবর্তন প্রশমন করিয়া নূতন রাসায়নিক সাম্য প্রতিষ্ঠা করে।

সুতরাং, অন্যান্য শর্ত একই রাখিয়া কোনও রাসায়নিক সাম্যের উষ্ণতা যদি বৃদ্ধি করা হয় তাহা হইলে সাম্যটি এমনভাবে পরিবর্তিত হইবে যাহাতে তাপ শোষিত হয় অর্থাৎ তাপগ্রাহী (endothermic) বিক্রিয়া শুরু হইয়া নূতন সাম্যাবস্থার প্রতিষ্ঠা হইবে। আবার যদি উষ্ণতা হ্রাস করা হয় তাহা হইলে সাম্যটি এমনভাবে পরিবর্তিত হইবে যাহাতে তাপ উৎপন্ন হয়, অর্থাৎ তাপমোচী (exothermic) বিক্রিয়া শুরু হইয়া নূতন সাম্যাবস্থার প্রতিষ্ঠা হইবে। সাম্যটি যদি গ্যাসীয় হয়, উহার উপর চাপবৃদ্ধি করা হইলে সাম্যাবস্থায় উপস্থিত উপাদান-গুলির মোট আয়তন সঙ্কুচিত হইয়া নূতন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে ; অর্থাৎ বিক্রিয়াটি এমন দিকে যাইবে, যে দিকে আয়তন সঙ্কোচন হয়। অনুরূপভাবে সাম্যটির উপর চাপ হ্রাস করিলে, সাম্যাবস্থায় উপস্থিত উপাদানগুলির মোট আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া নূতন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে ; অর্থাৎ বিক্রিয়াটি এমন দিকে যাইবে, যে দিকে আয়তন বৃদ্ধি হয়।

সাম্যাবস্থায় উপস্থিত উপাদানগুলির যে-কোনও একটির গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করিলে ; সাম্যটি পরিবর্তিত হইয়া এমন একটি সাম্য প্রতিষ্ঠা করিবে, যাহার ফলে ঐ উপাদানটির গাঢ়ত্ব কমিয়া যাইবে। অনুরূপভাবে কোনও একটি উপাদানের গাঢ়ত্ব হ্রাস করিলে, সাম্যটি এমন দিকে যাইবে, যাহার ফলে নির্দিষ্ট উপাদানটির গাঢ়ত্ব বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া নূতন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে।

এই নীতিকে অন্যভাবে বলিতে গেলে বলা যায়, যে-বিক্রিয়া তাপমোচী, উষ্ণতা হ্রাস সেই বিক্রিয়ার অনুকূলে যাইবে। যে-বিক্রিয়া তাপগ্রাহী, উষ্ণতা বৃদ্ধি সেই বিক্রিয়ায় অনুকূলে যাইবে। আবার যে-বিক্রিয়ায় আয়তনের সঙ্কোচন ঘটে উচ্চ চাপে সেই বিক্রিয়ার গতি বর্ধিত হইবে। যে-বিক্রিয়ায় আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে নিম্ন চাপে সেই বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হইবে।

কোনও রাসায়নিক সাম্যে বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব বর্ধিত করিলে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বর্ধিত হইবে, আবার বিক্রিয়াজাত উপাদানের গাঢ়ত্ব বর্ধিত করিলে বিপরীত বিক্রিয়ার গতি বর্ধিত হইবে। [যে-সকল বিক্রিয়ায় তাপ শোষণ হয় সেই সকল বিক্রিয়াকে **তাপগ্রাহী বিক্রিয়া** বলে। যে-সকল বিক্রিয়ায় তাপ মুক্ত হয় তাহাদিগকে **তাপমোচী** বিক্রিয়া বলে।]

গ্যাসীয় সাম্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের প্রভাব ঃ কোনও গ্যাসীয় বিক্রিয়া সাম্য অবস্থায় থাকিলে উহাতে যদি নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করা হয় তাহা হইলে উহা সাম্যকে প্রভাবিত করিতে পারে, আবার না-ও পারে। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি অনুধাবন করিলে ইহা সহজে বুঝা যাইবে।

(i) $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$; $K = \dfrac{(p_{HI})^2}{p_{H_2} \times p_{I_2}}$

এই বিক্রিয়াটি যদি স্থির চাপে হয় তাহা হইলে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করিলে উপাদানগুলির আংশিক চাপ কমিয়া যাইবে সত্য তথাপি সাম্য ধ্রুবকের কোনও পরিবর্তন হইবে না, কারণ বিক্রিয়ায় উভয় দিকে অণুর সংখ্যা সমান অর্থাৎ $\Delta n = 0$।

[ধরা যাক, উপাদানগুলির আংশিক চাপ কমিয়া অর্ধেক হইয়াছে। সেই ক্ষেত্রে

$$K' = \frac{\left(\frac{p_{HI}}{2}\right)^2}{\frac{p_{H_2}}{2} \times \frac{p_{I_2}}{2}} = \frac{(p_{HI})^2}{p_{H_2} \times p_{I_2}} = K \text{]}$$

(ii) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$; $K = \dfrac{p_{PCl_3} \times p_{Cl_2}}{p_{PCl_5}}$

স্থির চাপে এই বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করিলে উপাদানগুলির আংশিক চাপ কমিয়া যাইবে এবং K-এর মানও কমিয়া যাইবে। কারণ এই ক্ষেত্রে $\Delta n = +ve$। ইহা সম্ভব নহে সুতরাং K-এর মান স্থির রাখিবার জন্য সম্মুখ বিক্রিয়াটির গতি বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইবে।

(iii) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$; $K = \dfrac{(p_{SO_3})^2}{(p_{SO_2})^2 \times p_{O_2}}$

স্থির চাপে এই বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করিলে বিক্রিয়ায় উপাদানগুলির

আংশিক চাপ কমিয়া যাইবে এবং K-এর মান বাড়িয়া যাইবে ($\because$ $\Delta n = -ve$)। কিন্তু K ধ্রুবক। সুতরাং K-এর মান স্থির রাখিবার জন্য পশ্চাদ্ বিক্রিয়ায় গতি বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইবে।

আয়তন স্থির রাখিয়া কোন রাসায়নিক সাম্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করিলে উপাদানগুলির মোট চাপ আনুপাতিক ভাবে বাড়িয়া যাইবে, যাহার ফলে উপাদানগুলির আংশিক চাপের কোনও পরিবর্তন হইবে না এবং K-এর মান স্থির থাকিবে।

বিক্রিয়ার মাত্রা ঃ কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার কোনও বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক মোল সংখ্যার যত ভগ্নাংশ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিয়া সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয় সেই ভগ্নাংশকে 'বিক্রিয়ায় মাত্রা' বলা হয়। ইহাকে সাধারণত α বা x দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কতকগুলি গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় লা সাটেলিয়ার-এর নীতির প্রয়োগ ঃ

1. হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের বিক্রিয়া ঃ হাইড্রোজেন গ্যাস এবং আয়োডিন বাষ্প 448°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

প্রারম্ভিক অবস্থায়, $\underset{1}{H_2} + \underset{1}{I_2} \rightleftharpoons \underset{0}{2HI} - 5910$ ক্যালোরি/2 মোল HI

সাম্য অবস্থায়, $(1-\alpha) \quad (1-\alpha) \quad 2\alpha$

এই বিক্রিয়ায় $\Delta n = 0$ অর্থাৎ এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তন সঙ্কোচন বা প্রসারণ হয় নাই। সুতরাং লা সাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে এই বিক্রিয়ায় চাপের কোন প্রভাব নাই। আবার দেখা যাইতেছে যে, বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী। সুতরাং উচ্চ তাপমাত্রায় সম্মুখ বিক্রিয়ায় গতি ত্বরান্বিত হইবে।

এখানে, $K_C = \dfrac{C_{HI}{}^2}{C_{H_2} \times C_{I_2}}$

সুতরাং সাম্য অবস্থায় যদি বাহির হইতে HI যোগ করা হয় K_C-এর মান বাড়িয়া যাইবে। কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ইহার মান ধ্রুবক। সুতরাং K_C-এর মান বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইতে পারে না। K_C-এর মান একই রাখিতে হইলে HI-এর গাঢ়ত্ব কমিতে হইবে অর্থাৎ বিপরীত বিক্রিয়া শুরু হইয়া HI-এর পরিমাণ কমাইয়া পুনরায় সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে। অনুরূপভাবে সাম্যটি হইতে HI সরাইয়া লইলে অথবা H_2 এবং I_2-এর যে-কোনও একটির অথবা উভয়ের পরিমাণ বাড়াইয়া দিলে সম্মুখ বিক্রিয়া শুরু হইয়া HI-এর পরিমাণ বাড়াইতে চেষ্টা করিবে অথবা H_2 এবং I_2-এর পরিমাণ কমাইয়া দিবে এবং পুনরায় সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে। এই বিক্রিয়ায়,

$$K_p = \frac{p_{HI}{}^2}{p_{H_2} \times p_{I_2}}$$

ধরা যাক, এক মোল হাইড্রোজেন এবং এক মোল আয়োডিন লইয়া বিক্রিয়াটি শুরু করা হইয়াছিল। ধরা যাক, সাম্য অবস্থায় হাইড্রোজেনের α ভগ্নাংশ বিক্রিয়া

করিয়াছে। সুতরাং আয়োডিনেরও α ভগ্নাংশ বিক্রিয়া করিবে। সাম্য অবস্থায় হাইড্রোজেনের পরিমাণ $(1-\alpha)$ মোল, আয়োডিনের পরিমাণ $(1-\alpha)$ মোল এবং হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের পরিমাণ 2α মোল হইবে। এই মিশ্রণে বিভিন্ন পদার্থের মোট মোলের সংখ্যা $=1-\alpha+1-\alpha+2\alpha=2$। যদি মোট চাপ P হয়

$\therefore$ সাম্যাবস্থায় হাইড্রোজেনের অংশচাপ$=\frac{1-\alpha}{2}.P$

" আয়োডিনের অংশচাপ$=\frac{1-\alpha}{2}.P$

" হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গ্যাসের অংশ চাপ$=\frac{2\alpha}{2}.p=\alpha P$

$$\therefore \quad K_p=\frac{\alpha^2P^2\times 4}{(1-\alpha)^2\times P^2}=\frac{4\alpha^2}{(1-\alpha)^2}$$

উপরের সমীকরণে দেখা যাইতেছে, K_p-র মান চাপের উপর নির্ভরশীল নহে। বাস্তবক্ষেত্রে তাহাই ঘটে। আবার এইক্ষেত্রে $K_p=K_C(RT)^0=K_C$

2. ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিয়োজন : ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা বাষ্পীভূত হয় এবং নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুযায়ী ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড এবং ক্লোরিনে ভাঙিয়া যায় :

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2-Q \text{ ক্যালোরি}$$

	PCl_5	PCl_3	Cl_2
প্রারম্ভিক অবস্থায়	1	0	0
সাম্য অবস্থায়	$1-\alpha$	α	α

$$K_p=\frac{p_{PCl_3}\times p_{Cl_2}}{p_{PCl_5}}$$

যদি সাম্য অবস্থায় PCl_5-এর α ভগ্নাংশ ভাঙিয়া যায় এবং 1 মোল PCl_5 লইয়া বিক্রিয়াটি শুরু করা হয় তাহা হইলে সাম্য অবস্থায় PCl_5-এর পরিমাণ $(1-\alpha)$ মোল, PCl_3-এর পরিমাণ α মোল এবং Cl_2-এর পরিমাণ α মোল হইবে। সুতরাং, সাম্যাবস্থায় উপাদানগুলির মোট মোলের সংখ্যা

$=1-\alpha+\alpha+\alpha=1+\alpha$ এবং P যদি মোট চাপ হয়

সাম্যাবস্থায় PCl_5-এর অংশচাপ$=\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\cdot P$

" PCl_3 " " $=\frac{\alpha}{1+\alpha}\cdot P$

" Cl_2 " " $=\frac{\alpha}{1+\alpha}\cdot P$

$$\therefore \quad K_p=\frac{\frac{\alpha^2P^2}{(1+\alpha)^2}}{\frac{(1-\alpha)P}{1+\alpha}}=\frac{\alpha^2P}{1-\alpha^2},\ K_p=K_C(RT)^{2-1}=K_C(RT)$$

এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আয়তন বৃদ্ধি পাইয়াছে। সুতরাং, চাপ হ্রাস করিলে সম্মুখ বিক্রিয়ায় গতি বৃদ্ধি পাইবে। P-এর মান হ্রাস করিলে α-এর মানকে বাড়িতে হইবে। কারণ, K_p=ধ্রুবক। α-র মান বাড়ার অর্থ সম্মুখ বিক্রিয়ায় গতি বৃদ্ধি।

বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী। সুতরাং, উচ্চ উষ্ণতায় সম্মুখ বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হইবে। বাস্তবক্ষেত্রে তাহাই দেখা যায়।

সাম্যাবস্থায় PCl_5-এর পরিমাণ বাড়াইলে বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হইয়া নূতন সাম্য প্রতিষ্ঠা করিবে। আবার যদি Cl_2 অথবা PCl_3 অথবা উভয়কে সাম্যাবস্থা হইতে সরাইয়া লওয়া হয় তাহা হইলেও সম্মুখবর্তী বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত হইবে। কারণ, বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির গাঢ়ত্ব কমিয়া যাইয়া পশ্চাদ্ বিক্রিয়ার গতি মন্থর করিবে। সাম্যাবস্থায় PCl_3 এবং Cl_2, অথবা যে-কোন একটি উপাদানের গাঢ়ত্ব বাড়াইলে, বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী হইয়া নূতন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে।

3. অ্যামোনিয়ার পণোৎপাদন : হেবার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 22400 \text{ ক্যালরি/2 মোল } NH_3$$

	N_2	$3H_2$	$2NH_3$
বিক্রিয়ার প্রারম্ভে	1	3	0
সাম্যাবস্থায়	$(1-x)$	$3(1-x)$	$2x$

যদি 1 মোল নাইট্রোজেন 3 মোল হাইড্রোজেন লইয়া বিক্রিয়াটি শুরু করা যায় এবং যদি সাম্যাবস্থায় নাইট্রোজেনের x ভগ্নাংশ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহা হইলে হাইড্রোজেনের $3x$ ভগ্নাংশ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিবে এবং $2x$ মোল অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবে। সুতরাং, সাম্য অবস্থায় নাইট্রোজেন $(1-x)$ মোল হাইড্রোজেন $(3-3x)$ মোল এবং অ্যামোনিয়া $2x$ মোল উপস্থিত থাকিবে। সুতরাং, সাম্যাবস্থায় উপাদানগুলির মোট মোলের পরিমাণ

$=1-x+3-3x+2x=4-2x$; যদি মোট চাপ P হয়

সাম্যাবস্থায় নাইট্রোজেনের অংশচাপ$=\dfrac{1-x}{4-2x}\cdot P$

" হাইড্রোজেনের " $=\dfrac{3-3x}{4-2x}\cdot P$

" অ্যামোনিয়ার " $=\dfrac{2x}{4-2x}\cdot P$

$$\therefore\ K_p=\frac{p_{NH_3}{}^2}{p_{N_2}\times p_{H_2}{}^3}=\frac{\left(\dfrac{2x}{4-2x}\right)^2P^2}{\left(\dfrac{1-x)}{4-2x}\right)\left(\dfrac{3-3x}{4-2x}\right)^3P^4}$$

$$=\frac{16x^2(2-x)^2}{27(1-x)^4P^2}\approx\frac{64x^2}{27P^2}$$

[2 এবং 1 এর তুলনায় x-এর মান উপেক্ষা করিলে]

বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক। সুতরাং, নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সম্মুখ গতি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে। এই বিক্রিয়াটি আয়রন অনুঘটক ও মলিবডেনাম বা $K_2O+Al_2O_3$ উদ্দীপকের উপস্থিতিতে 550°C তাপমাত্রায় সংঘটিত হয়। মনে হইতে পারে এই তাপমাত্রার নীচে বিক্রিয়াটি আরও গতিশীল হইবে। কিন্তু বাস্তবে তাহা হয় না। আসলে প্রত্যেক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে একটি সর্বনিম্ন তাপমাত্রা আছে যাহার নীচে বিক্রিয়াটি সংঘটিত হয় না অথবা এত ধীরে সংঘটিত হয় যাহা পণ্যোৎপাদনের সহায়ক নয়। এই তাপমাত্রাকে 'সর্বোত্তম তাপমাত্রা' (optimum temperature) বলে। নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির ক্ষেত্রে ইহা 550°C।

আবার দেখা যাইতেছে যে, বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তনের সঙ্কোচন ঘটে। সুতরাং, উচ্চ চাপে বিক্রিয়াটির সম্মুখ গতি বৃদ্ধি পাইবে। বাস্তবক্ষেত্রেও দেখা যায়, বিক্রিয়াটির জন্য হেবার পদ্ধতিতে অতি উচ্চ অর্থাৎ প্রায় 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ব্যবহৃত হইতেছে। উপরে উল্লিখিত K_p-এর মান হইতেও বুঝা যায় যে, সম্মুখ বিক্রিয়াটির গতি উচ্চ চাপে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে। যদি চাপ বৃদ্ধি করা হয়, তাহা হইলে উপরের সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট যে, K_p-এর মান কমা উচিত। কিন্তু ইহা কমিতে পারে না। ইহার মান ধ্রুবক রাখিতে হইলে x-এর মানকে বাড়িতে হইবে। আবার x-এর মান বৃদ্ধি পাওয়ার অর্থ সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি। এতদ্ব্যতীত উৎপন্ন NH_3 বিক্রিয়া মিশ্রণ হইতে সরাইয়া লইলেও ক্রমাগত NH_3 উৎপন্ন হইবে।

4. নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে নাইট্রিক অক্সাইডের সংশ্লেষণ (Birkeland and Eyde Process) : বাতাসের অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন মিশ্রণকে ইলেক্‌ট্রিক আর্কের (Electric arc) সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া NO_2 গঠন করে। এই NO_2 জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

বিক্রিয়াটি এইরূপ : $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO-4000$ ক্যালোরি/2 মোল NO

এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তনের সঙ্কোচন বা প্রসারণ হয় নাই। সুতরাং, এই বিক্রিয়ার উপর চাপের কোনও প্রভাব নাই। বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী। সুতরাং, উচ্চ তাপমাত্রায় সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি হইবে। অর্থাৎ, নাইট্রিক অক্সাইডের উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে। বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায় যে, 3000°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি সংঘটিত হয় এবং এই তাপমাত্রায় NO-এর উৎপাদন শতকরা 3 ভাগ। এই তাপমাত্রার নীচে NO-এর উৎপাদন 3%-এর অনেক নীচে। যদি সাম্যাবস্থায় মিশ্রণটিকে ধীরে শীতল করা হয়, NO সম্পূর্ণরূপে ভাঙিয়া গিয়া N_2 এবং O_2 উৎপন্ন করে। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য গ্যাসীয় মিশ্রণটির তাপমাত্রাকে 3000°C হইতে হঠাৎ 1000°C-এ নামান হয়। 1000°C-এ বিক্রিয়ার গতি এত

মন্থর হয় যে, 3000°C-এ স্থাপিত সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন উপাদানের পরিমাণের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। বিক্রিয়া মিশ্রণ হইতে NO সরাইয়া লইলে ক্রমাগত NO উৎপন্ন হইবে এবং সম্মুখ বিক্রিয়াই চালু থাকিবে।

5. স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গঠন (Contact Process) : এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড, অনুঘটকের উপস্থিতিতে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) গঠন করে। এই SO_3 জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$2\ SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2\ SO_3 + 45200 \text{ ক্যালোরি/2 মোল } SO_3$$

বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক। সুতরাং, নিম্ন তাপমাত্রায় SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু অতিরিক্ত নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির গতি মন্থর বলিয়া SO_3-এর উৎপাদন প্রয়োজনমত হইবে না। তাই এই বিক্রিয়ায় প্লাটিনাম চূর্ণ অনুঘটক (catalyst) হিসাবে ব্যবহার করা হয় এবং সর্বোত্তম উষ্ণতা (optimum temperature) 450°C-এ বিক্রিয়াটি সংঘটিত হয়। বিক্রিয়াটিতে আয়তনের সঙ্কোচন ঘটিয়াছে। সুতরাং, উচ্চ চাপে SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় অনুঘটক ব্যবহার করিয়া বিক্রিয়াটি সংঘটিত করিলে SO_3-এর উৎপাদন যথেষ্ট হয় বলিয়া সাধারণ চাপে বিক্রিয়াটি সংঘটিত করা হয়।

আমরা ইহা বুঝিতে পারিয়াছি যে, কোন গ্যাসীয় উভমুখী বিক্রিয়ায় সাম্য আনয়ন করিতে গেলে, বিক্রিয়াটি বদ্ধপাত্রে করিতে হইবে। অন্যথায় বিক্রিয়ক অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থ অপসারিত হইবার সম্ভাবনা থাকে এবং বিক্রিয়াটি যে-কোনও একটি দিকে গতিশীল হইয়া সম্পূর্ণ হইয়া যায়। পণ্য উৎপাদন পদ্ধতিতে উৎপন্ন পদার্থ অপসারিত করিয়া উৎপাদন চালু রাখা হয়।

সাম্যধ্রুবক এবং অনুঘটক (Equilibrium constant and catalyst) : কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনুঘটক ব্যবহার করিলে বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত অথবা মন্দীভূত হইতে পারে। কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যধ্রুবকের মান অনুঘটকের উপর নির্ভর করে না। যদি অনুঘটক সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করে তাহা হইলে বিক্রিয়াজাত পদার্থের উৎপাদন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া বিপরীত বিক্রিয়ার গতিও আনুপাতিকভাবে বৃদ্ধি করিবে। সুতরাং, সাম্যধ্রুবক (K)-এর মান অপরিবর্তিত থাকিবে। আবার অনুঘটকটি যদি ঋণাত্মক হয় (negative catalyst), সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত হইবে। ইহার ফলে বিক্রিয়াজাত পদার্থের উৎপাদন কমিয়া গিয়া বিপরীত বিক্রিয়ার গতিও মন্দীভূত হইয়া যাইবে। সাম্যধ্রুবকের মানের কোন তারতম্য হইবে না। সুতরাং সাম্যধ্রুবকের মান ব্যবহৃত অনুঘটকের উপর কোনভাবেই নির্ভরশীল নহে।

সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী : প্রকৃত প্রস্তাবে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী। ইহা নিম্নলিখিত তথ্য হইতে পরিষ্কার হইবে।

(i) যে-কোন সমসত্ত্ব গ্যাসীয় বিক্রিয়া কোনও বদ্ধপাত্রে ঘটানো হইলে দেখা যাইবে যে, বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ না হইয়া সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়। বিক্রিয়াটি উভমুখী হইলেই ইহা সম্ভব।

(ii) যে-সকল বিক্রিয়া আপাতদৃষ্টিতে একমুখী মনে হয় সেই সকল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি খুব বেশি পরিমাণে লইয়া পরস্পরের সংস্পর্শে আনিলে, বিক্রিয়ক পদার্থগুলি উৎপন্ন হইতে দেখা যায়।

সুতরাং, বলা যায় সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী।

দ্রাব্যতা গুণফল (Solubility Product) : ধরা যাক, একটি স্বল্প দ্রাব্য লবণ $A_x B_y$-এর সম্পৃক্ত দ্রবণ লওয়া হইল, যাহাতে কঠিন $A_x B_y$ উহার দ্রবণের সহিত সাম্যাবস্থায় আছে। আবার আমরা জানি, লবণ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে উহা সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়। সুতরাং, আমরা লিখিতে পারি,

$$A_x B_y \text{ (কঠিন)} \rightleftharpoons A_x B_y \text{ (দ্রবণ)}$$
$$A_x B_y \text{ (দ্রবণ)} \rightarrow xA^{+y} + yB^{-x}$$

মোট বিক্রিয়া $A_x B_y \text{ (কঠিন)} \rightleftharpoons xA^{+y} + yB^{-x}$

ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করিয়া, সাম্যাঙ্ক ধ্রুবক,

$$K = \frac{(C_{A^{+y}})^x \times (C_{B^{-x}})^y}{C_{A_x B_y} \text{ (কঠিন)}}$$

বা, $(C_{A^{+y}})^x \times (C_{B^{-x}})^y = K \times C_{A_x B_y}$ (কঠিন)

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যে-কোন কঠিন পদার্থের সক্রিয় ভর ধ্রুবক,

$\therefore \quad (C_{A^{+y}})^x \times (C_{B^{-x}})^y = K_S$ (একটি ধ্রুবক) = দ্রাব্যতা গুণফল।

সুতরাং, বলা যাইতে পারে যে, **নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় স্বল্প দ্রাব্য কোন লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে উৎপন্ন ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নগুলি যদি কঠিন লবণের সহিত সাম্যাবস্থায় থাকে, তাহা হইলে সেই তাপমাত্রায় দ্রবণে উৎপন্ন ক্যাটায়নের এবং অ্যানায়নের গাঢ়ত্বকে যথাক্রমে একটি অণু হইতে উৎপন্ন ক্যাটায়নের সংখ্যা এবং অ্যানায়নের সংখ্যার ঘাতে (power) উন্নীত করিয়া পরস্পর গুণ করিলে, গুণফল ধ্রুবক হইবে। এই ধ্রুবককেই নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় লবণটির দ্রাব্যতা গুণফল বলা হয়।**

কয়েকটি লবণের দ্রাব্যতা গুণফলের গাণিতিক প্রকাশ নিম্নে দেখান হইল :

(i) $AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$
(কঠিন)

$K_S = C_{Ag^+} \times C_{l^-}$

(ii) $BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{++} + SO_4^{-}$

$K_S = C_{Ba^{++}} \times C_{SO_4^{-}}$

$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{++} + 2PO_4^{\equiv}$

$$K_s=\left(C_{Ca^{++}}\right)^3\times\left(C_{PO_4^{---}}\right)^2$$

(iii) $Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^=$

$$K_S=\left(C_{Ag^+}\right)^2\times C_{CrO_4^=}$$

(iv) $Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+++} + 3OH^-$

$$K_s=C_{Fe^{+++}}\times(C_{OH^-})^3$$

(v) $PbCl_2 \rightleftharpoons Pb^{++} + 2Cl^-$

$$K_S=C_{Pb^{++}}\times(C_{Cl^-})^2$$

(vi) $ZnS \rightleftharpoons Zn^{++} + S^=$

$$K_S=C_{Zn^{++}}\times C_{S^=}$$

(vii) $Hg_2Cl_2 \rightleftharpoons 2Hg^+ + 2Cl^-$

$$K_S=\left(C_{Hg^+}\right)^2\times\left(C_{Cl^-}\right)^2$$

25°C উষ্ণতায় স্বল্প দ্রাব্য কয়েকটি লবণের দ্রাব্যতা গুণফলের মান নিম্নে দেওয়া হইল :

লবণ	দ্রাব্যতা গুণফল	লবণ	দ্রাব্যতা গুণফল
$AgCl$	$1{\cdot}5\times10^{-9}$	$CaCO_3$	$4{\cdot}8\times10^{-9}$
$AgBr$	$7{\cdot}7\times10^{-13}$	CaF_2	$3{\cdot}2\times10^{-11}$
AgI	$0{\cdot}9\times10^{-16}$	$Fe(OH)_3$	1×10^{-38}
Ag_2CrO_4	$2{\cdot}5\times10^{-12}$	$Al(OH)_3$	1×10^{-33}
$PbCl_2$	$2{\cdot}4\times10^{-4}$	$Zn(OH)_2$	1×10^{-17}
$PbBr_2$	$7{\cdot}9\times10^{-5}$	CuS	3×10^{-42}
PbI_2	$8{\cdot}7\times10^{-9}$	ZnS	1×10^{-23}

লবণের জলীয় দ্রবণে সম-আয়নের প্রভাব (Common ion effect) : ধরা যাক, AgCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণে বাহির হইতে HCl গ্যাস পরিচালিত করা হইল। HCl গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণে H^+ এবং Cl^- উৎপন্ন করিবে ($HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$)। আবার দ্রবণে AgCl আয়নিত হইয়া Ag^+ এবং Cl^- অবস্থায় আছে ($AgCl \rightarrow Ag^+ + Cl^-$) এবং দ্রবণে $C_{Ag^+}\times C_{Cl^-}=K_S$ (ধ্রুবক) এই শর্তটি বিদ্যমান। সুতরাং বাহির হইতে অতিরিক্ত Cl^- আয়ন সরবরাহ করিলে C_{Cl^-}-এর মান বাড়িয়া যাইবে কিন্তু তাহা সম্ভব নহে, কারণ K_S একটি ধ্রুবক। তাই অতিরিক্ত Cl^- আয়ন দূরীভূত হইয়া যাইবে। তাহা সম্ভব হইবে যদি উহা Ag^+ আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া AgCl-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ($Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow$)। বাস্তবক্ষেত্রে ইহাই ঘটে। এই দ্রবণে HCl-এর পরিবর্তে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে একই ঘটনা ঘটিবে অর্থাৎ Ag^+এর আধিক্য হেতু অতিরিক্ত Ag^+ আয়ন Cl^- আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া AgCl অধঃক্ষিপ্ত হইবে। সুতরাং, বলিতে পারা যায় যে, কোন লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে

যদি এমন একটি পদার্থ যুক্ত করা হয় যাহার জলীয় দ্রবণে লবণটিতে উপস্থিত আয়নের যে-কোন একটি উৎপন্ন হয় তাহা হইলে লবণটি আংশিকভাবে অথবা সম্পূর্ণভাবে দ্রবণে কঠিনাকারে অধঃক্ষিপ্ত হইবে। অর্থাৎ, **সম-আয়নের প্রভাবে যে-কোন লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণ হইতে লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়।** অন্যভাবে বলিতে গেলে বলা যায় যে, কোন দ্রবণে কোন লবণের দ্রাব্যতা গুণফলের মান অতিক্রান্ত হইলে লবণটি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

কোন সম্পৃক্ত দ্রবণে যদি একাধিক লবণ দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে যে-লবণটির দ্রাব্যতা গুণফলের মান সর্বাপেক্ষা কম সেইটি সম-আয়নের প্রভাবে সর্বপ্রথম অধঃক্ষিপ্ত হইবে এবং তাহার পর দ্রাব্যতা গুণফলের ক্রমবর্ধমান মান অনুসারে অবশিষ্ট লবণগুলি ক্রমান্বয়ে অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

দ্রাব্যতা এবং দ্রাব্যতা গুণফল (Solubility and solubility product) : ধরা যাক, একটি লবণ A_xB_y-এর দ্রাব্যতা নির্দিষ্ট উষ্ণতার প্রতি লিটারে S মোল।

$$A_xB_y \rightarrow xA^{+y} + yB^{-x}$$

$$\therefore \text{ দ্রাব্যতা গুণফল } K_S = (C_{A^{+y}})_x \times (C_{B^{-x}})^y$$

$$C_{A^{+y}} = x.S\ ;\quad C_{B^{-x}} = y.S$$

$$\therefore\quad K_S = (x.S)^x \times (y.S)^y = S^{(x+y)}.\, x^x y^y$$

$$S^{(x+y)} = \frac{K_S}{x^x y^y}\ ;\qquad S = \left(\frac{K_S}{x^x y^y}\right)^{\frac{1}{x+y}}$$

সুতরাং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন লবণের দ্রাব্যতা গুণফল জানা থাকিলে ঐ উষ্ণতায় লবণটির দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যাইবে।

AgCl-এর ক্ষেত্রে দ্রাব্যতা $S = \sqrt{K_s}$ মোল/লিটার কারণ $x+y=2$, $x^x.y^y=1$

$Ca_3(PO_4)_2$-এর দ্রাব্যতা $S = \left(\frac{K_s}{36}\right)^{\frac{1}{5}}$ মোল/লিটার

$x+y=5 \quad x^x.y^y = 9 \times 4 = 36$

অজৈব লবণের ক্ষারকীয় মূলক সনাক্তকরণে দ্রাব্যতা গুণফলের প্রয়োগ (Application of solubility product in the detection of basic radical of an inorganic salt) : লবণের ক্যাটায়নকে ক্ষারকীয় মূলক এবং অ্যানায়নকে অ্যাসিড মূলক বলা হয়। যদি একটি নমুনায় Pb^{++}, Cu^{++}, Fe^{+++}, Zn^{++}, Ca^{++} এবং Mg^{++} প্রভৃতির লবণ মিশ্রিত অবস্থায় থাকে তাহা হইলে উল্লিখিত আয়নগুলির বিভিন্ন লবণের দ্রাব্যতা গুণফলের মানের ভিত্তিতে উহাদিগকে পৃথক করিয়া সনাক্ত করা সম্ভব।

মিশ্রণটির জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত লঘু HCl যুক্ত করিলে $PbCl_2$-এর দ্রাবতা গুণফলের মান অতিক্রান্ত হয় কিন্তু অন্য আয়নগুলির ক্লোরাইড লবণের দ্রাব্যতা

গুণফলের মান অধিক হওয়ায় উহাদের মান অতিক্রান্ত হয় না। সুতরাং উল্লিখিত ক্লোরাইড লবণগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয় না। $PbCl_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রাবণ করিয়া $PbCl_2$ অবশেষরূপে পাওয়া যায় এবং দ্রবণে অবশিষ্ট আয়নগুলি দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। $PbCl_2$ হইতে নির্দিষ্ট পরীক্ষার দ্বারা Pb^{++}-কে সনাক্ত করা হয়।

অতঃপর পরিস্রুতকে লঘু HCl দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া উহার মধ্যে H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে CuS-এর কালো অধঃক্ষেপ পড়িবে। H_2S জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়। $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^=$। HCl-এর উপস্থিতিতে সম-আয়নের প্রভাবে H_2S-এর বিয়োজন কমিয়া যায়। ফলে $S^=$ আয়নের গাঢ়ত্ব কমিয়া যায়। CuS-এর দ্রাব্যতা গুণফল দ্রবণে উপস্থিত অন্য ধাতুগুলির সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফল অপেক্ষা কম বলিয়া উহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। তাছাড়া $S^=$ আয়নের গাঢ়ত্ব কমিয়া যাওয়ার ফলে অন্য ধাতব সালফাইডগুলির দ্রাব্যতা গুণফলের মানে পৌঁছানো সম্ভব হয় না। কালো CuS-কে পৃথক করিয়া Cu^{++}-এর জন্য নির্দিষ্ট পরিচায়ক পরীক্ষা করা হয়। দ্রবণটিকে পরিস্রাবণ করিবার পর দ্রবণে Fe^{+++}, Zn^{++}, Ca^{++} এবং Mg^{++} আয়ন থাকে। এই দ্রবণে NH_4Cl যোগ করিয়া NH_4OH দ্রবণ যুক্ত করা হয়। NH_4OH-এর বিয়োজন নিম্নলিখিত ভাবে ঘটে। $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

NH_4Cl হইতে উদ্ভূত NH_4^+-এর প্রভাবে NH_4OH-এর বিয়োজন কমিয়া যায়, তৎসত্ত্বেও $Fe(OH)_3$-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান অতিক্রান্ত হয় এবং উহার অধঃক্ষেপ পড়ে। পক্ষান্তরে অন্য ধাতুগুলির হাইড্রক্সাইড দ্রাব্যতা গুণফলের মানে পৌঁছাইতে পারে না, কারণ উহাদের মান $Fe(OH)_3$-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান অপেক্ষা অনেক বেশি। দ্রবণে NH_4^+-এর উপস্থিতি এই ধাতুগুলির দ্রাব্যতা গুণফলের মানে পৌঁছাইতে বাধা সৃষ্টি করে। কারণ NH_4^+-এর প্রভাবে NH_4OH-এর বিয়োজন হ্রাসপ্রাপ্ত হয়, ফলে OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব কমিয়া যায়। দ্রবণ হইতে $Fe(OH)_3$-কে দূরীভূত করার পর Fe^{+++}-কে সনাক্ত করা হয়। $Fe(OH)_3$ পৃথক করার পর দ্রবণে বর্তমান থাকে Zn^{++}, Ca^{++} এবং Mg^{++}।

এই দ্রবণে NH_4OH যোগ করিয়া H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে ZnS-এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়িবে। H_2S, NH_4OH-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $(NH_4)_2S$ উৎপন্ন করিবে। $(NH_4)_2S$ একটি লবণ। ইহা জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হইবে, অর্থাৎ $S^=$ আয়নের আধিক্য ঘটিবে। ইহার ফলে ZnS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান অতিক্রান্ত হইবে এবং উহার অধঃক্ষেপ পড়িবে। পক্ষান্তরে এই অবস্থায় CaS এবং MgS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান ZnS-এর তুলনায় অধিক হওয়ায় উহারা অধঃক্ষিপ্ত হইতে পারিবে না। এই প্রসঙ্গে ইহা উল্লেখ্য যে, Cu^{++} এবং Zn^{++} উভয়ই সালফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু Zn^{++}, Cu^{++}-এর সঙ্গে অধঃক্ষিপ্ত হয় না। ইহার কারণ হইল CuS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান ZnS-এর দ্রাব্যতা-

গুণফলের মান অপেক্ষা অনেক কম। CuS যখন অধঃক্ষিপ্ত হয় তখন দ্রবণে HCl যুক্ত থাকায়, সম-আয়নের প্রভাবে $S^{=}$ আয়নের গাঢ়ত্ব কমিয়া যায় এবং $S^{=}$-এর এই গাঢ়ত্ব CuS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান অতিক্রম করিতে যথেষ্ট হইলেও ZnS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মানকে অতিক্রম করিতে পারে না।

এইবার দ্রবণ হইতে ZnS-কে পৃথক করিয়া Zn^{++}-কে সনাক্ত করা হয়। ZnS-কে পৃথক করিবার পর দ্রবণে $(NH_4)_2CO_3$ যোগ করা হয়। $CaCO_3$-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান $MgCO_3$-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান অপেক্ষা কম হওয়ায় Ca^{++}, $CaCO_3$ হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$CaCO_3$-কে পরিস্রাবণ করিয়া পৃথক করার পর Ca^{++}-কে সনাক্ত করা হয় এবং অবশিষ্ট দ্রবণে Mg^{++} পড়িয়া থাকে। এই দ্রবণে NaH_2PO_4 দ্রবণ যোগ করিলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়িবে। ইহা Mg^{++}-এর পরিচায়ক পরীক্ষা।

সুতরাং, আমরা দেখিতে পাইতেছি যে, বিভিন্ন লবণের দ্রাব্যতা গুণফল বিভিন্ন হওয়ায় উহার ভিত্তিতে একাধিক লবণের মিশ্রণ হইতে লবণের ক্ষারকীয় মূলকগুলিকে পৃথক করিয়া উহাদিগকে সনাক্ত করা সম্ভব। বিশ্লেষণের সুবিধার জন্য লবণের ক্ষারকীয় মূলকগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। ইহা নিম্নে দেখানো হইল।

শ্রেণী	ক্ষারীয় মূলক	শ্রেণী বিকারক
I	Ag^{+}, Pb^{++}, Hg_2^{++}	HCl
II	Hg^{++}, Bi^{+++}, Cu^{++}, Cd^{++}, As^{+++} Sb^{+++}, Sn^{++}, Sn^{++++}	$HCl+H_2S$
III A	Al^{+++}, Fe^{+++}, Cr^{+++}	NH_4Cl+NH_4OH
III B	Mn^{++} Zn^{++}, Co^{++} Ni^{++}	NH_4OH+H_2S
IV	Ba^{++}, Ca^{++}, Sr^{++}	$(NH_4)_2CO_3$
V	Na^{+}, K^{+}, Mg^{++}	NaH_2PO_4 (শুধুমাত্র Mg^{++}-এর)

• সমাধানসহ গাণিতিক প্রশ্নাবলী •

উদাহরণ 1. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি 10 লিটার ফ্লাস্কে 0·2 মোল PCl_3, 1·6 মোল Cl_2 এবং 0·4 মোল PCl_5 সাম্যাবস্থায় আছে। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর :

$PCl_3(g)+Cl_2(g)\rightleftharpoons PCl_5(g)$, (g)-এর অর্থ হইল বিক্রিয়ক পদার্থগুলি এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থায় আছে।

সমাধান : সাম্যাবস্থায় PCl_3-এর গাঢ়ত্ব $=\frac{0·2}{10}$ মোল/লিটার

$$\text{সাম্যাবস্থায় } Cl_2\text{-এর গাঢ়ত্ব} = \frac{1\cdot6}{10} \text{ মোল/লিটার}$$

$$\text{,, } PCl_5 \text{ ,, ,, } = \frac{0\cdot4}{10} \text{ ,,}$$

$$\therefore \text{ সাম্যতাধ্রুবক } K_C = \frac{C_{PCl_5}}{C_{PCl_3} \times C_{Cl_2}} = \frac{0\cdot4/10}{1\cdot6/10 \times 0\cdot2/10}$$

$$= \frac{0\cdot4 \times 10}{1\cdot6 \times 0\cdot2} = 12\cdot5 \text{ মোল}^{-1} \text{ লিটার}$$

উদাহরণ 2. একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি এক লিটার পাত্রে 6·4 গ্রাম SO_2, 1·6 গ্রাম O_2 এবং 173·6 গ্রাম SO_3 সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ।
$SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$। ইহার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ SO_2-এর মোল সংখ্যা $= \frac{6\cdot4}{64} = 0\cdot1$

O_2-এর ,, $= \frac{1\cdot6}{32} = 0\cdot05$

SO_3 ,, $= \frac{173\cdot6}{80} = 2\cdot17$

যেহেতু বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন 1 লিটার, সুতরাং বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোল সংখ্যাই উহাদের গাঢ়ত্বের সমান হইবে।

$$\therefore \text{ সাম্যতাধ্রুবক } K_c = \frac{C_{SO_3}}{C_{SO_2} \times C_{O_2}^{\frac{1}{2}}} = \frac{2\cdot17}{0\cdot1 \times (0\cdot05)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 97\cdot05 \text{ মোল}^{-\frac{1}{2}} \text{ লিটার}^{\frac{1}{2}}$$

উদাহরণ 3. 2000°C উষ্ণতায় NO 98% বিয়োজিত হয়। এই বিক্রিয়ার সাম্যতাধ্রুবক-এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরা যাক, এক মোল NO লইয়া বিক্রিয়াটি শুরু করা হইয়াছিল এবং বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন V লিটার।

বিক্রিয়াটি-সমীকরণ $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g)$

বিক্রিয়ার পূর্বে গাঢ়ত্ব $\frac{1}{V}$ মোল $\rightleftharpoons$ 0 মোল + 0 মোল

সাম্যাবস্থায় গাঢ়ত্ব $\frac{1-0\cdot98}{V} \rightleftharpoons \frac{0\cdot98/2}{V} + \frac{0\cdot98/2}{V}$

$$\therefore \text{ বিক্রিয়াটির সাম্যতাধ্রুবক} K_c = \frac{C_{N_2} \times C_{O_2}}{C_{NO}^2} = \frac{\frac{0\cdot98}{2V} \times \frac{0\cdot98}{2V}}{\left(\frac{1-0\cdot98}{V}\right)^2}$$

$$= \frac{0\cdot98 \times 0\cdot98}{4V^2} \times \frac{V^2}{(0\cdot02)^2}$$

$$= \frac{0\cdot98 \times 0\cdot98}{4 \times (0\cdot02)^2} = 600\cdot3$$

উদাহরণ 4. 60 গ্রাম CH_3COOH-এর সহিত 46 গ্রাম C_2H_5OH মিশ্রিত করিয়া 50°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করার ফলে সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠা হইল। সাম্যাবস্থায় জলের পরিমাণ 12 গ্রাম হইলে বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

সমাধান : সাম্যাবস্থায় CH_3COOH-এর মোল সংখ্যা$=\frac{60}{60}=1$

[∵ CH_3COOH-এর আণবিক ওজন=60]

" C_2H_5OH-এর মোল সংখ্যা$=\frac{46}{46}=1$

" H_2O-এর মোল সংখ্যা$=\frac{12}{18}=\frac{2}{3}$

বিক্রিয়াটির সমীকরণ হইল :

$$CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

বিক্রিয়াটি হইতে বুঝা যাইতেছে যে, এক মোল H_2O উৎপন্ন হইলে 1 মোল $CH_3COOC_2H_5$ উৎপন্ন হয়। অতএব, $\frac{2}{3}$ মোল H_2O উৎপন্ন হইলে $\frac{2}{3}$ মোল $CH_3COOC_2H_5$ উৎপন্ন হইবে। আবার, 1 মোল H_2O উৎপন্ন হয় 1 মোল CH_3COOH এবং 1 মোল C_2H_5OH হইতে। অতএব, $\frac{2}{3}$ মোল H_2O উৎপন্ন হইবে $\frac{2}{3}$ মোল CH_3COOH এবং $\frac{2}{3}$ C_2H_5OH হইতে। সুতরাং, সাম্যাবস্থায় অবশিষ্ট CH_3COOH এবং C_2H_5OH উভয়ের মোল সংখ্যা $(1-\frac{2}{3})$ বা $\frac{1}{3}$।

বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন V হইলে,

সাম্যাবস্থায় C_2H_5OH-এর গাঢ়ত্ব$=\frac{\frac{1}{3}}{V}$; CH_3COOH-এর গাঢ়ত্ব $\frac{\frac{1}{3}}{V}$

$CH_3OCOC_2H_5$-এর গাঢ়ত্ব $\frac{\frac{2}{3}}{V}$ এবং H_2O-এর গাঢ়ত্ব $\frac{\frac{2}{3}}{V}$

$$\therefore \text{ বিক্রিয়াটির সাম্যতাধ্রুবক } K_c=\frac{C_{CH_3COOC_2H_5}\times C_{H_2O}}{C_{CH_3COOH}\times C_{C_2H_5OH}}$$

$$=\frac{\frac{2}{3V}\times\frac{2}{3V}}{\frac{1}{3V}\times\frac{1}{3V}}=4$$

উদাহরণ 5. 160°C উষ্ণতায় এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে PCl_5-কে উত্তপ্ত করিলে 13·5% বিয়োজিত হইয়া PCl_3 এবং Cl_2 উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

সমাধান : I PCl_5-এর 100 মোলে বিয়োজন 13·5 মোল

∴ " " 1 " " 0·135 "

$$PCl_5\ (g) \rightleftharpoons PCl_3\ (g)+Cl_2\ (g)$$

বিক্রিয়ার পূর্বে	1	0	0
সাম্যাবস্থায়	1−0·135	0·135	0·135

যদি বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন V লিটার হয় তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির গাঢ়ত্ব যথাক্রমে 0·865/V, 0·135/V এবং 0·135/V

$$\therefore\ K_C=\frac{C_{PCl_3}\times C_{Cl_2}}{C_{PCl_5}}=\frac{\frac{0\cdot135}{V}\times\frac{0\cdot135}{V}}{\frac{0\cdot865}{V}}$$

$$=\frac{0\cdot0211}{V}=\frac{0\cdot0211\times P}{RT}=\frac{0\cdot0211}{RT}=\frac{0\cdot0211}{0\cdot082\times433}\ [\because PV=RT]$$

$$=6\times10^{-4}\ \text{মোল/লিটার}$$

II. আমরা জানি, এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $K_P=\frac{\alpha^2P}{1-\alpha_2}$

এখানে $\alpha=0\cdot135$, $P=1$ অ্যাটমোসফিয়ার

$$\therefore\ K_P=\frac{(0\cdot135)^2\times1}{1-(0\cdot135)^2}=0\cdot0186\ \text{অ্যাটমোসফিয়ার}$$

উদাহরণ 6. এক মোল CH_3COOH-এর সহিত এক মোল C_2H_5OH মিশ্রিত করা হইল। বিক্রিয়াটিতে সাম্য প্রতিষ্ঠা হইবার পর দেখা গেল বিক্রিয়া মিশ্রণে CH_3COOH এবং H_2O-এর পরিমাণ যথাক্রমে $\frac{1}{3}$ এবং $\frac{2}{3}$ মোল। যদি 2 মোল ইথাইল অ্যাসিটেটের সহিত 1 মোল জল মিশ্রিত করা হয় তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় ইথাইল অ্যাসিটেটের পরিমাণ কত হইবে?

[Oxford & Cambridge, H. C.]

সমাধান: $CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$

বিক্রিয়ার পূর্বে	1	1	0	0
সাম্যাবস্থায়	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

যদি বিক্রিয়াপাত্রের আয়তন V হয় তাহা হইলে প্রথম বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক

$$K_1=\frac{C_{CH_3COOC_2H_5}\times C_{H_2O}}{C_{CH_3OOH}\times C_{C_2H_5OH}}=\frac{\frac{2}{3V}\times\frac{2}{3V}}{\frac{1}{3V}\times\frac{1}{3V}}$$

$$=\frac{2\times2\times3\times3}{3\times3}=4$$

দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি হইল বিপরীতমুখী বিক্রিয়া,

সুতরাং, এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $K_2=\frac{1}{2}$

$CH_3COOC_2H_5+H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH+C_2H_5OH$

বিক্রিয়ার পূর্বে	2	1	0	0
সাম্যাবস্থায়	$2-x$	$1-x$	x	x

$x=CH_3COOC_2H_5$ এবং H_2O-এর মোল সংখ্যা যাহা পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া x মোল CH_3COOH এবং x মোল C_2H_5OH উৎপন্ন করিয়াছে।

$$K_2=\frac{C_{CH_3COOH}\times C_{C_2H_5OH}}{C_{CH_3COOC_2H_5}\times C_{H_2O}}$$

$$\text{বা,}\quad \frac{1}{4}=\frac{x/V\times x/V}{\frac{2-x}{V}\times\frac{1-x}{V}}=\frac{x^2}{(2-x)(1-x)}$$

বা, $3x^2+3x-2=0$ $\therefore$ $x=0{\cdot}458$ মোল

$\therefore$ সাম্যাবস্থায় $CH_3COOC_2H_5$-এর পরিমাণ

$=(2-0{\cdot}458)$ মোল $=1{\cdot}542$ মোল

উদাহরণ 7. 27°C এবং 15 বায়ুমণ্ডলীয় চাপের NH_3-কে একটি বদ্ধ পাত্রে লইয়া 347°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইল। ইহাতে NH_3 নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুযায়ী আংশিকভাবে বিয়োজিত হইল, $2NH_3 \rightleftharpoons N_2+3H_2$

এবং চাপ বাড়িয়া 50 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হইল। বিক্রিয়াপাত্রের আয়তন অপরিবর্তিত থাকিলে শতকরা কত পরিমাণ NH_3 বিয়োজিত হইয়াছিল? [I. I. T. '70]

সমাধান: 347°C-এ NH_3 যদি বিয়োজিত না হইত তাহা হইলে ধরা যাক, উহার চাপ হইত P_2

$$\therefore\ \frac{P_2}{620}=\frac{15}{300}$$

$P_2=31$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

যদি NH_3-এর x অংশ বিয়োজিত হয় তাহা হইলে

	$2NH_3 \rightleftharpoons$	N_2	$+3H_2$
বিক্রিয়ার পূর্বে	1	0	0
সাম্যাবস্থায়	$1-x$	$\frac{x}{2}$	$\frac{3x}{2}$

$\therefore$ সাম্যাবস্থায় মোট মোল সংখ্যা $=1-x+\frac{x}{2}+\frac{3x}{2}=1+x$

আমরা জানি, গ্যাসের চাপ উহার মোল সংখ্যার সহিত সমানুপাতিক,

$$\therefore\ \frac{1}{1+x}=\frac{31}{50}\quad \text{বা, } x=0{\cdot}613$$

$\therefore$ NH_3-এর বিয়োজনের পরিমাণ $=61{\cdot}3\%$

উদাহরণ 8. $2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$ এই বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক $2{\cdot}20\times10^{-5}$। বিয়োজনের শতকরা পরিমাণ কত?

সমাধান: ধরা যাক, প্রতি মোলের x অংশ বিয়োজিত হইয়াছে।

	$2HBr \rightleftharpoons$	H_2	$+Br_2$
বিক্রিয়ার পূর্বে	1 মোল	0	0
সাম্যাবস্থায়	$1-x$	x	x

বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন V লিটার হইলে,

$$K_C=\frac{\frac{x}{V}\times\frac{x}{V}}{\left(\frac{1-x}{V}\right)^2}=\frac{x^2}{(1-x)^2}$$

সুতরাং, $\frac{x^2}{(1-x)^2}=2{\cdot}20\times10^{-5}$ বা, $x=0{\cdot}467$

$\therefore$ বিয়োজনের মাত্রা $=46{\cdot}7\%$

উদাহরণ 9. 250°C উষ্ণতায় এবং 1 বায়ুমণ্ডলীর চাপে 5 গ্রাম PCl_5-কে উত্তপ্ত করিবার পর দেখা গেল বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক $K_p=2{\cdot}476$। বিক্রিয়াটির সাম্য ধ্রুবক K_C নির্ণয় কর।

সমাধান : $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$

আমরা জানি, $K_p=K_C(RT)^{\triangle n}$

এখানে $K_p=2{\cdot}476$; $K_c=?$; $R=0{\cdot}082$; $T=(250+273)°A=523°A$

$$\triangle n=1+1-1=1$$

$$\therefore\ 2{\cdot}476=K_c(0{\cdot}082\times523)^1$$

বা, $K_c=\frac{2{\cdot}476}{0{\cdot}082\times523}=0{\cdot}577$ মোল/লিটার

উদাহরণ 10. 4 লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি পাত্রে 1 মোল নাইট্রোজেন 3 মোল হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করা হইল। নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুসারে সাম্যাবস্থায় যদি 0·25 মোল নাইট্রোজেন বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণ করে, তাহা হইলে বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক K -এর মান নির্ণয় কর।

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

বিক্রিয়াটি যদি, $\frac{1}{2}N_2(g)+\frac{3}{2}H_2(g)\rightleftharpoons NH_3(g)$ হয়, তাহা হইলে এই বিক্রিয়ায় K_c'-এর মান কত হইবে? [I. I. T. 1981]

সমাধান : (*a*) $N_2 \ + \ 3H_2 \ \rightleftharpoons \ 2NH_3$

	N_2	$3H_2$	$2NH_3$
	1	3	0
সাম্যাবস্থায়	$(1-0{\cdot}25)$	$(3-{\cdot}75)$	$2\times{\cdot}25$
সাম্যাবস্থায় গাঢ়ত্ব	$\frac{0{\cdot}75}{4}$	$\frac{22{\cdot}25}{4}$	$\frac{0{\cdot}5}{4}$

$$\therefore\ K_c=\frac{\left(C_{NH_3}\right)^2}{C_{N_2}\times\left(C_{H_2}\right)^3}=\frac{\frac{0{\cdot}5\times0{\cdot}5}{4\times4}}{\frac{0{\cdot}75}{4}\times\frac{2{\cdot}25\times2{\cdot}25\times2{\cdot}25}{4\times4\times4}}$$

$$=\frac{0{\cdot}5\times0{\cdot}5}{4\times4}\times\frac{4}{0{\cdot}75}\times\frac{4\times4\times4}{2{\cdot}25\times2{\cdot}25\times2{\cdot}25}$$

$$=\frac{0{\cdot}5\times0{\cdot}5\times16}{0{\cdot}75\times(2{\cdot}25)^3}=\frac{{\cdot}4}{8{\cdot}54}=0{\cdot}47 \text{ মোল}^{-2} \text{ লিটার}^2$$

$$(b)\ K_c'=\frac{C_{NH_3}}{\left(C_{N_2}\right)^{\frac{1}{2}}\times\left(C_{H_2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$=\sqrt{K_c}=\sqrt{0{\cdot}47}=0{\cdot}6855 \text{ মোল}^{-1} \text{ লিটার}$$

উদাহরণ 11. 227°C উষ্ণতায় 100 লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি পাত্রে 1 মোল N_2 এবং 3 মোল PCl_5 আবদ্ধ করা আছে। সাম্যাবস্থায় চাপ 2·05 অ্যাটমোসফিয়ার। গ্যাসগুলি আদর্শ গ্যাসের ন্যায় ব্যবহার করিলে এই উষ্ণতায় PCl_5-এর বিয়োজনের মাত্রা এবং বিক্রিয়াটির K_p-এর মান নির্ণয় কর।

[I. I. T. 1984]

সমাধান ঃ $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

$3(1-\alpha) \quad 3\alpha \quad 3\alpha$

ধরা যাক, সাম্যাবস্থায় মোট মোল সংখ্যা $=n$

$$\therefore \quad n = \frac{PV}{RT} = \frac{2{\cdot}05 \times 100}{0{\cdot}082 \times 500} = 5$$

আবার ধরা যাক, PCl_5-এর বিয়োজনের মাত্রা $=\alpha$

$\therefore$ সাম্যাবস্থায় PCl_5, PCl_3 এবং Cl_2-এর মোল সংখ্যা,

$$= 3 - 3\alpha + 3\alpha + 3\alpha = 3 + 3\alpha$$

প্রশ্নানুসারে, $3 + 3\alpha = 5 - 1 = 4$ [$\because$ 1 মোল N_2 বর্তমান]

$\alpha = 0{\cdot}3333 =$ PCl_5-এর বিয়োজনের মাত্রা,

$$K_P = \frac{\alpha^2 \ P}{1-\alpha^2} = \frac{0{\cdot}3333 \times 2{\cdot}05}{1 - 0{\cdot}1111} = \frac{0{\cdot}3333 \times 2{\cdot}5}{0{\cdot}8889}$$

$= 0{\cdot}7687$ অ্যাটমোসফিয়ার

উদাহরণ 12. 100°C উষ্ণতায় $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক 50। 1 লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি ফ্লাস্কে এক মোল A_2 এবং 2 লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি ফ্লাস্কে 2 মোল B_2 আছে। ফ্লাস্ক দুইটির সংযোগসাধন করিলে 373K উষ্ণতায় উৎপন্ন AB-এর মোল সংখ্যা কত?

[I. I. T. 1984]

সমাধান ঃ 373°K = 100°C, বিক্রিয়া পাত্রের মোট আয়তন,

$= (1+2)$ লিটার $= 3$ লিটার

$A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$

$1 \quad 2 \quad 0$ ……বিক্রিয়ার পূর্বে মোল সংখ্যা

$1-x \quad 2-x \quad 2x$……সাম্যাবস্থায় " "

$\frac{1-x}{3} \quad \frac{2-x}{3} \quad \frac{2x}{3}$…… " গাঢ়ত্ব

ধরা যাক, বিক্রিয়ার মাত্রা $=x$

$\therefore$ সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া মিশ্রণে মোল সংখ্যা $= 1-x+2-x+2x = 3$

$$\therefore \quad K_c = \frac{C_{AB}^2}{C_{A_2} \times C_{B_2}} = \frac{(\frac{2x}{3})^2}{\frac{1-x}{3} \times \frac{2-x}{3}} = \frac{4x^2}{(1-x)(2-x)}$$

প্রশ্নানুসারে, $\dfrac{4x^2}{(1-x)(2-x)} = 50$

$\therefore$ $x=2{\cdot}3$ এবং $0{\cdot}93$ কিন্তু x-এর মান $2{\cdot}3$ হইতে পারে না।

$\therefore$ $x=0{\cdot}93$

সুতরাং, সাম্যাবস্থার AB-এর মোল সংখ্যা $=2\times{\cdot}93=1{\cdot}86$

উদাহরণ 13. কঠিন AgCl-এর সহিত সাম্যাবস্থায় আছে এমন একটি AgCl দ্রবণের Ag^+ আয়নের গাঢ়ত্ব $1{\cdot}3\times10^{-5}$ মোল/লিটার এবং Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব $1{\cdot}3\times10^{-5}$ মোল/লিটার, AgCl-এর দ্রাবত্য গুণফল কত?

সমাধান : দ্রাব্যতা গুণফল $K_s=C_{Ag^+}\times C_{Cl^-}$

$=1{\cdot}3\times10^{-5}\times1{\cdot}3\times10^{-5}=1{\cdot}69\times10^{-10}$

উদাহরণ 14. 18°C উষ্ণতায় $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা 0·00233 গ্রাম/লিটার। $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা গুণফল নির্ণয় কর?

সমাধান : $BaSO_4$-এর আণবিক ওজন $=137+32+64=233$

$BaSO_4\rightarrow Ba^{++}+SO_4^{=}$

$$C_{Ba^{++}}=C_{SO_4^{=}}=\frac{0{\cdot}00233}{233}=0{\cdot}00001 \text{ মোল}$$

$\therefore$ দ্রাব্যতা গুণফল $K_S=C_{Ba^{++}}\times C_{SO_4^{=}}=0{\cdot}00001\times0{\cdot}00001$

$=1\times10^{-10}$

উদাহরণ 15. 18°C উষ্ণতায় $Mg(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা 0·00912 গ্রাম/লিটার, $Mg(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা গুণফল কত?

সমাধান : $Mg(OH)_2$-এর আণবিক ওজন $=24{\cdot}3+32+2=58{\cdot}3$

$Mg(OH)_2\rightarrow Mg^{++}+2OH^-$ $K_S=C_{Mg^{++}}(\times C_{OH^-})^2$

$$C_{Mg^{++}}=\frac{0{\cdot}00912}{58{\cdot}3}=0{\cdot}000156 \text{ মোল/লিটার}$$

$C_{OH^-}=2\times0{\cdot}000156$ মোল/লিটার $=0{\cdot}000312$ মোল/লিটার

$\therefore$ দ্রাব্যতা গুণফল $K_S=0{\cdot}000156\times(0{\cdot}000312)^2=1{\cdot}52\times10^{-11}$

উদাহরণ 16. AgBr-এর দ্রাব্যতা গুণফল $4{\cdot}3\times10^{-13}$ হইলে AgBr-এর দ্রাব্যতা মোল/লিটার এবং গ্রাম/লিটারে কত হইবে?

সমাধান : AgBr-এর আণবিক ওজন $107{\cdot}8+80=187{\cdot}8$

AgBr-এর দ্রাব্যতা $S=\sqrt{K_s}=\sqrt{4{\cdot}3\times10^{-13}}$

$=6{\cdot}56\times10^{-7}$ মোল/লিটার

$=6{\cdot}56\times10^{-7}\times187{\cdot}8$ গ্রাম/লিটার

$=0{\cdot}0001232$ গ্রাম/লিটার।

উদাহরণ 17. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় $Fe(OH)_3$-এর দ্রাব্যতা গুণফল $1{\cdot}1\times10^{-36}$; ঐ উষ্ণতায় $Fe(OH)_3$-এর দ্রাব্যতা কত?

সমাধান : দ্রাব্যতা $S=\left(\frac{K_s}{1\times3^3}\right)^{\frac{1}{4}}=\left(\frac{1{\cdot}1\times10^{-36}}{27}\right)^{\frac{1}{4}}$

$=4{\cdot}49\times10^{-10}$ গ্রাম/লিটার

উদাহরণ 18. 100 সি.সি. $\frac{N}{10}$ KI দ্রবণে এক ফোঁটা গাঢ় $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করার পর দেখা গেল AgI উৎপন্ন হইয়া দ্রবণটিকে ঘোলা করিয়াছে। AgI-এর দ্রাব্যতা গুণফল$=1{\cdot}7\times10^{-16}$। দ্রবণে Ag^+ গাঢ়ত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : $K_S=C_{Ag^+}\times C_{I^-}=1{\cdot}7\times10^{-16}$

$C_{I^-}=0{\cdot}1(N)=0{\cdot}1$ (M) (অধঃক্ষেপের ফলে I′-এর গাঢ়ত্বের পরিবর্তন নগণ্য ধরিয়া)

$C_{Ag^+}\times0{\cdot}1=1{\cdot}7\times10^{-16}$

$C_{Ag^+}=1{\cdot}7\times10^{-15}$ গ্রাম আয়ন/লিটার

উদাহরণ 19. কোন দ্রবণে H_2S হইতে উৎপন্ন $S^=$ আয়নের গাঢ়ত্ব $1{\cdot}5\times10^{-23}$ গ্রাম আয়ন/লিটার হইলে ঐ দ্রবণে Cd^{++} আয়নের দ্রাবত্য কত হইবে? CdS-এর দ্রাব্যতা গুণফল $3{\cdot}6\times10^{-29}$

সমাধান : $K_s=C_{Cd^{++}}\times C_{S^=}=3{\cdot}6\times10^{-29}$

$$\therefore\ C_{Cd^{++}}=\frac{3{\cdot}6\times10^{-29}}{C_{S^=}}=\frac{3{\cdot}6\times10^{-29}}{1{\cdot}5\times10^{-23}}$$

$=2{\cdot}4\times10^{-6}$ গ্রাম আয়ন/লিটার

উদাহরণ 20. একটি দ্রবণে Ag^+ এবং Hg_2^{++} বর্তমান। দ্রবণে উহাদের প্রত্যেকটির মাত্রা 0·1M। দ্রবণটিতে I^- যোগ করিয়া উহাদের একটিকে প্রায় সম্পূর্ণ পরিমাণকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে I^--এর গাঢ়ত্ব সর্বাধিক কত করিতে হইবে? অধঃক্ষিপ্ত ধাতব আয়নটির শতকরা পরিমাণ কত? [Ksp : $AgI=8{\cdot}5\times10^{-17}$; $Hg_2I_2=2{\cdot}5\times10^{-26}$] [I. I. T. 1984]

সমাধান : দ্রাব্যতা গুণফলের মান হইতে বুঝা যাইতেছে যে, Hg_2I_2 প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হইবে। সুতরাং দ্রবণে AgI অধঃক্ষিপ্ত হওয়ার পূর্বে প্রায় সম্পূর্ণ পরিমাণ Hg_2I_2 অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যাইবে। অর্থাৎ দ্রবণে AgI-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মানে পৌঁছাইতে যত পরিমাণ I^--এর প্রয়োজন ঠিক তত পরিমাণ I^- যোগ করিতে হইবে।

ধরা যাক, I^--এর নির্ণেয় গাঢ়ত্ব x(M)

$\therefore\ 0{\cdot}1\times x=8{\cdot}5\times10^{-17}$

বা, $x=8{\cdot}5\times10^{-16}$

$\therefore$ I^--এর সর্বাধিক গাঢ়ত্ব$=8{\cdot}5\times10^{-16}$ গ্রাম আয়ন/লিটার

0·1 (M) $Hg_2^{++}\equiv0{\cdot}1\times2\times201$ গ্রাম $Hg_2^{++}=40{\cdot}2$ গ্রাম Hg_2^{++}

0·1 (M) $Ag^+\equiv0{\cdot}1\times108$ গ্রাম $Ag^+=10{\cdot}8$ গ্রাম Ag^+

$\therefore$ আয়নগুলির মোট ওজন$=(40{\cdot}2+10{\cdot}8)$ গ্রাম$=51$ গ্রাম

$$\therefore\ \text{অধঃক্ষিপ্ত } Hg_2^{++}\text{-এর পরিমাণ}=\frac{40{\cdot}2\times100}{51}\%=78{\cdot}8\%$$

সার-সংক্ষেপ

উভমুখী বিক্রিয়া : কোন রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটার সময় বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি যুগপৎ পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া বিক্রিয়ক পদার্থগুলি পুনরুৎপন্ন করিলে সেই বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলে।

ভরক্রিয়া সূত্র : নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং সময়ে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়ক পদার্থগুলির ঐ সময়ের 'সক্রিয় ভরে'র সমানুপাতিক।

সক্রিয় ভর হইল বিক্রিয়কগুলির আণব গাঢ়ত্ব। বিক্রিয়কগুলি কঠিন অথবা তরল অবস্থায় থাকিলে উহাদের সক্রিয় ভরকে ধ্রুবক ধরা হয়।

রাসায়নিক সাম্য : কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি যদি বিপরীত বিক্রিয়ার গতির সমান হয় তাহা হইলে বলা হয় বিক্রিয়াটিতে সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে। যেহেতু, রাসায়নিক সাম্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া থামিয়া যায় না তাই রাসায়নিক সাম্য একটি গতিশীল সাম্য।

সাম্যধ্রুবক : যদি একটি উভমুখী সাধারণ বিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয় $aA+bB+\cdots\cdots\rightleftharpoons cC+dD+\cdots$

তাহা হইলে বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক

$K_c=\dfrac{C_c{}^c\times C_D{}^d\times\cdots}{C_A{}^a\times C_B{}^b\times\cdots}$, C_c, C_D, C_A, C_B ইত্যাদি যথাক্রমে C, D, A এবং B ইত্যাদির আণব গাঢ়ত্ব।

বিভিন্ন প্রকার সাম্যধ্রুবক (K_p এবং K_c) : বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির সক্রিয়ভর আণব গাঢ়ত্বের দ্বারা প্রকাশিত হইলে সাম্যধ্রুবককে K_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অপরপক্ষে সক্রিয় ভরের পরিবর্তে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আংশিক চাপ ব্যবহার করিয়া যে-সাম্যধ্রুবক পাওয়া যায় তাহাকে K_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

K_p এবং K_c-এর সম্পর্ক :

$K_p=K_c(RT)^{\triangle n}$, $\triangle n$=বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুর মোট সংখ্যা—বিক্রিয়ক পদার্থের অণুর মোট সংখ্যা

রাসায়নিক সাম্যের বৈশিষ্ট্য : (a) স্থায়িত্ব, (b) সম্মুখ বিক্রিয়া এবং বিপরীত বিক্রিয়ার দ্বারা সাম্যের প্রতিষ্ঠা, (c) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা, (d) রাসায়নিক সাম্যের প্রতিষ্ঠা সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার গতির উপর নির্ভরশীল।

একমুখী বিক্রিয়া : কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বিপরীত বিক্রিয়ার গতির অপেক্ষা খুব বেশি হইলে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়াছে বলিয়া মনে করা হয়। এই প্রকারের বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া বলে।

$$Na_2CO_3+CaCl_2\rightarrow 2NaCl+CaCO_3\downarrow$$

সমসত্ত্ব সাম্য ও অসমসত্ত্ব সাম্য ঃ কোন উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্য অবস্থায় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি একই ভৌত অবস্থায় থাকিলে সেই রাসায়নিক সাম্যকে সমসত্ত্ব সাম্য বলে। আবার, যে-সকল রাসায়নিক সাম্যে বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি বিভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকে সেই সকল রাসায়নিক সাম্যকে অসমসত্ত্ব রাসায়নিক সাম্য বলে।

লা-সাটেলিয়ারের নীতি ঃ কোন সাম্যাবস্থার শর্তের পরিবর্তন করা হইলে সাম্যটি এই পরিবর্তনজনিত ফল প্রশমিত করিয়া নূতন সাম্য প্রতিষ্ঠা করে।

গ্যাসীয় সাম্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের প্রভাব ঃ (a) যে-সকল বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অণুগুলির সংখ্যা বিক্রিয়াজাত অণুর সংখ্যার সমান অর্থাৎ যে-সকল বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ান্তে আয়তনের সঙ্কোচন বা প্রসারণ হয় না এই সকল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করিলে রাসায়নিক সাম্যের উপর উহার কোন প্রভাব পড়িবে না।

(b) যে-সকল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ান্তে আয়তনের প্রসারণ অথবা সঙ্কোচন ঘটে সেই সকল ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করিলে রাসায়নিক সাম্যের উপর উহার প্রভাব পড়িবে।

কতকগুলি গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ

(1) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ − উত্তাপ

$$K_c=\frac{(C_{HI})^2}{C_{H_2}\times C_{I_2}},\ K_P=\frac{(P_{HI})^2}{P_{H_2}\times P_{I_2}}=\frac{4\alpha^2}{(1-\alpha)^2}$$

(2) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$ − উত্তাপ

$$K_c=\frac{C_{PCl_3}\times C_{Cl_2}}{C_{PCl_5}},\ K_p=\frac{P_{PCl_3}\times P_{PCl_2}}{P_{PCl_5}}=\frac{\alpha^2 P}{1-\alpha_2}$$

(3) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ + উত্তাপ

$$K_C=\frac{\left(C_{NH_3}\right)^2}{C_{N_2}\times\left(C_{H_2}\right)^3},\ K_P=\frac{\left(p_{NH_3}\right)^2}{p_{N_2}\times\left(p_{H_2}\right)^2}=\frac{64x^2}{27P^2}$$

(4) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$ − উত্তাপ

$$K_P=\frac{(p_{NO})^2}{p_{N_2}\times p_{O_2}}$$

(5) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+Q$ ক্যালোরি

$$K_P=\frac{\left(p_{SO_3}\right)^2}{\left(p_{SO_2}\right)^2\times p_{O_2}}$$

সাম্যধ্রুবক এবং অনুঘটক ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যধ্রুবকের মান অনুঘটকের উপর নির্ভর করে না।

সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী।

দ্রাব্যতা গুণফল : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় স্বল্প দ্রাব্য কোন লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে উৎপন্ন ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নগুলি যদি কঠিন লবণের সহিত সাম্যাবস্থায় থাকে তাহা হইলে সেই তাপমাত্রায় দ্রবণে উৎপন্ন ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নের গাঢ়ত্বকে যথাক্রমে একটি অণু হইতে উৎপন্ন ক্যাটায়নের সংখ্যা এবং অ্যানায়নের সংখ্যার ঘাতে উন্নীত করিয়া পরস্পর গুণ করিলে, গুণফল ধ্রুবক হইবে। এই ধ্রুবককেই নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় লবণটির দ্রাব্যতা গুণফল বলা হয়।

লবণের জলীয় দ্রবণে সম-আয়নের প্রভাব : কোন লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে সম-আয়ন যুক্ত অন্য কোন লবণের জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে প্রথম লবণটি অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

দ্রাব্যতা এবং দ্রাব্যতা গুণফল : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি লবণ A_xB_y-এর দ্রাব্যতা প্রতি লিটারে S মোল হইলে

$$S=\left(\frac{K_s}{x^x.y^y}\right)^{\frac{1}{x+y}}$$

অজৈব লবণের ক্ষারকীয়মূলক সনাক্তকরণে দ্রাব্যতা গুণফলের প্রয়োগ : দ্রাব্যতা গুণফলের সাহায্যে অজৈব লবণের মিশ্রণে উপস্থিত ক্ষারকীয় মূলকদিগকে সনাক্ত করা যায়।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. উভমুখী বিক্রিয়া বলিতে কি বুঝ? [Tripura 1982 ; J. E. 1985] প্রায় সব বিক্রিয়াই উভমুখী ইহার সপক্ষে কয়েকটি প্রমাণ দাও। [J. E. 1984]

2. ভরক্রিয়া সূত্রটি বিবৃত এবং ব্যাখ্যা কর? [Tripura 1979 ; J. E. 1981, 1983, 1984] রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলিতে কি বুঝ? [H. S. 1982 ; Tripura 1980, 1982, 1983 ; J. E. 1985] সাম্যধ্রুবক কাহাকে বলে? [Tripura, 1979] সাম্যধ্রুবকের গাণিতিক প্রকাশ কি? [J. E. 1983] গতিশীল সাম্য বলিতে কি বুঝ? রাসায়নিক সাম্যকে গতিশীল সাম্য বলা হয় কেন? [H. S. 1984 ; J. E. 1983]

3. (a) বিভিন্ন প্রকারের সাম্যধ্রুবক সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। K_p এবং K_c-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর?

(b) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+25000$ ক্যালোরি/2 মোল NH_3 – বিক্রিয়াটির K_c এবং K_p-এর মান নির্ণয় কর? উহাদের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর? [J. E. 1981, 1982]

4. রাসায়নিক সাম্যে বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যগুলি এক একটি করিয়া আলোচনা কর। একমুখী বিক্রিয়া বলিতে কি বুঝ? কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে একটি বিক্রিয়া একমুখী হয়?

5. মোলার গাঢ়ত্ব ও আংশিক চাপের সাহায্যে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সাম্য ধ্রুবক K-কে প্রকাশ কর। (i) $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ (ii) $2NO\,(g)+O_2\,(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$ [J. E. 1980]

6. সমসত্ত্ব সাম্য এবং অসমসত্ত্ব সাম্য বলিতে কি বুঝ? লা সাটেলিয়ার নীতি কি? [Tripura, 1980, '85; H.S. 1985, '82; J.E. 1980, '82] রাসায়নিক সাম্যের ক্ষেত্রে লা সাটেলিয়ার নীতি প্রয়োগ করিয়া নীতিটি বুঝাইয়া দাও।
[H. S. 1979, 1981; J. E. 1984]

7. গ্যাসীয় সমসত্ত্ব সাম্যে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস প্রবেশ করাইলে সাম্যের উপর উহার প্রতিক্রিয়া কি হইবে ব্যাখ্যা কর। রাসায়নিক সাম্যের উপর (i) উষ্ণতা (ii) চাপ এবং (iii) প্রভাবকের ভূমিকা সম্বন্ধে আলোচনা কর। [J. E. 1983]

8. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে লা সাটেলিয়ারের নীতি প্রয়োগ কর এবং বিশেষ ক্ষেত্রে অনুঘটক এবং সর্বোত্তম (optimum) উষ্ণতার ভূমিকা লইয়া আলোচনা কর।

(i) $H_2+I_2\rightleftharpoons 2HI-5910$ ক্যালোরি/2 মোল HI
[H. S. 1979, 1985]

(ii) $PCl_5\rightleftharpoons PCl_3+Cl_2-Q$ ক্যালোরি

(iii) $N_2+3H_2\rightleftharpoons 2NH_3+22400$ ক্যালোরি/2 মোল NH_3
[H. S. 1981, Tripura, 1980, 1985, J. E. 1982]

(iv) $N_2+O_2\rightleftharpoons 2NO-44000$ ক্যালোরি/2 মোল NO
[Tripura, 1980, 1984, J. E. 1983]

(v) $2SO_2+O_2\rightleftharpoons 2SO_3+45200$ ক্যালোরি/2 মোল SO_3
[Tripura, 1982, J. E. 1984]

9. কোন বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকিলে, সাম্যাবস্থায় (a) বিক্রিয়ক, (b) বিক্রিয়াজাত পদার্থ, (c) নিষ্ক্রিয় গ্যাস প্রবেশ করাইলে সাম্য কি ভাবে প্রভাবিত হইবে? অনুঘটক সাম্য ধ্রুবকের কোন পরিবর্তন ঘটায় কি?

10. (a) অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে লা সাটেলিয়ারের নীতি প্রয়োগ কর। [H. S. 1981, Tripura, 1979, J. E. 1981] সর্বোত্তম তাপমাত্রা বলিতে কি বুঝা যায়? NH_3-এর পণ্যোৎপাদনের ক্ষেত্রে সর্বোত্তম তাপমাত্রা 550°-তে রাখা হয় কেন? [H. S. 1981]

(b) এই বিক্রিয়ায় অতিরিক্ত পরিমাণ নাইট্রোজেন ব্যবহার করিলে K-এর

মান পরিবর্তিত হইবে কি? [H. S. 1983] একটি আবদ্ধ পাত্রে বিক্রিয়াটি ঘটিলে বিক্রিয়াটি কি সমাপ্ত হইবে? উৎপন্ন NH_3 সরাইয়া লইলে কি ঘটিবে?

[H. S. 1981]

11. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌টি একমুখী এবং কোন্‌টি উভমুখী বল:

(a) $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$;

(b) $NaCl+AgNO_3=AgCl+NaNO_3$;

(c) $FeCl_3+3H_2O=Fe(OH)_3+3HCl$;

(d) $Na_2CO_3+2H_2O=2NaOH+H_2CO_3$;

(e) $HCl=H^++Cl^-$;

(f) $Na_2CO_3+CaCl_2=CaCO_3+2NaCl$;

(g) $Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+CO_2+H_2O$ ।

12. তাপউদ্গারী এবং তাপশোষী বিক্রিয়া কাহাকে বলে? [J. E. 1981]

13. (a) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আছে।

NO_2 (গ্যাস) + CO (গ্যাস) $\rightleftharpoons$ CO_2 (গ্যাস) + NO (গ্যাস)

যদি চাপ বর্ধিত করিয়া 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ করা হয় তাহা হইলে বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ বাড়িবে, কমিবে, না সমান থাকিবে? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

(b) উপরে উল্লিখিত সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া মিশ্রণে বাহির হইতে অতিরিক্ত CO যোগ করিলে বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণের কি পরিবর্তন হইবে তাহা ভাষায় বুঝাইয়া দাও। [H. S. 1978]

14. একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থা বলিতে কি বুঝায় লিখ। নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটির 'সাম্যধ্রুবক' কি ভাবে প্রকাশ করা হয় লিখ।

2M (গ্যাস) + N (গ্যাস) $\rightleftharpoons$ 2P (গ্যাস)

ধরা যাক, উক্ত বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী এবং একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে M, N ও P একটি আবদ্ধ পাত্রে সাম্যাবস্থায় আছে। এখন (a) তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া পাত্রটির আয়তন বাড়ান হইলে P-এর পরিমাণ বাড়িবে না কমিবে? (b) আয়তন অপরিবর্তিত রাখিয়া তাপমাত্রা বাড়াইলে P-এর পরিমাণ কমিবে না বাড়িবে? প্রতি ক্ষেত্রে উত্তরের সপক্ষে কারণ নির্দেশ কর।

[H. S. 1982]

15. ব্যাখ্যা কর: (a) লেড এবং জিঙ্ক লবণের অ্যাসিড মিশ্রিত দ্রবণে H_2S গ্যাস পরিচালিত করিলে PbS অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয় না।

[J. E. 1982]

(b) অজৈব লবণের বিশ্লেষণে বিশ্লেষণ সারণীর দ্বিতীয় শ্রেণীর ক্ষারকীয়মূলক-

গুলির সালফাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত করিতে HCl দ্বারা অম্লীকৃত দ্রবণে H_2S পরিচালিত করা হয়। অম্লীকরণের জন্য HNO_3 ব্যবহার করা হয় না।

[I. I. T. 1979]

(c) অ্যাসিডযুক্ত জিঙ্ক সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়া H_2S প্রবাহিত করিলে জিঙ্ক সালফাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে না। [Tripura, 1983]

(d) NaCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণে HCl গ্যাস পরিচালনা করিলে NaCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। [Tripura, 1985]

16. দ্রাব্যতা গুণফল বলিতে কি বুঝায়? [Tripura, 1980, 1984, H. S. 1980, 1981, 1983] সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করিতে HCl গ্যাস কেন ব্যবহার করা হয়? জলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অতি সামান্য মাত্রায় দ্রবণীয় কিন্তু NH_4Cl দ্রবণে উহা সহজে দ্রবীভূত হয় কেন? [J. E. 1985, H. S. 1985]

দ্রবণীয়তা কাহাকে বলে? দ্রাব্যতা গুণফলের সহিত ইহার পার্থক্য কি?

[Tripura, 1981]

17. দ্রাব্যতা গুণফল কাহাকে বলে? রাসায়নিক বিশ্লেষণে ইহার প্রয়োগ বিস্তারিতভাবে বিবৃত কর। [H. S. 1979] কপার ও জিঙ্ক ঘটিত লবণের অ্যাসিড মিশ্রিত জলীয় দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করিলে CuS অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয় না কেন? [H. S. 1984]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত বিক্রিয়া দুইটির ক্ষেত্রে ভর ক্রিয়াসূত্রের গাণিতিক প্রকাশগুলি লিখ:

(a) $2NO(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2NOCl(g)$

(b) $CaCO_3(s)\rightarrow CaO(s)+CO_2(g)$

2. $2NO(g)+O_2(g)=2NO_2(g)$ বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন প্রাথমিক আয়তনের $\frac{1}{3}$ করা হইলে বিক্রিয়ার গতি কিভাবে পরিবর্তিত হইবে?

3. কোন্‌টি সঠিক উত্তর বল:

(a) $2NO+O_2\rightarrow 2NO_2$ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন দ্বিগুণ করিলে বিক্রিয়ার গতি কিভাবে পরিবর্তিত হইবে?

(i) প্রাথমিক গতির $\frac{1}{4}$ হইবে, (ii) প্রাথমিক গতির $\frac{1}{8}$ হইবে, (iii) প্রাথমিক গতির 4 গুণ হইবে, (iv) প্রাথমিক গতির 8 গুণ হইবে।

(b) একটি বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক কাহার উপর নির্ভরশীল?

(i) চাপের পরিবর্তন, (ii) উষ্ণতার পরিবর্তন, (iii) বিক্রিয়া পাত্রের আয়তনের পরিবর্তন, (iv) অনুঘটকের উপস্থিতি, (v) বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন।

(c) কোন্ বিক্রিয়ার গতি উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়?

(i) যে-কোন বিক্রিয়ায়, (ii) তাপগ্রাহী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, (iii) তাপশোষী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে।

(d) নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলির মধ্যে কোন্‌টি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবকের পরিবর্তন ঘটায়?

(i) চাপের পরিবর্তন, (ii) উষ্ণতার পরিবর্তন, (iii) অনুঘটকের পরিবর্তন, (iv) বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন।

(e) $2SO_2(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$—এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি একটি বিক্রিয়া পাত্রে সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়া পাত্রটির আয়তন অর্ধেক করিলে (i) সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতি অপরিবর্তিত থাকিবে, (ii) বিপরীত বিক্রিয়ার গতির তুলনায় সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি দ্বিগুণ হইবে, (iii) সাম্যের কোনও পরিবর্তন হইবে না, (iv) সাম্যটি সম্মুখে স্থানান্তরিত হইবে, (v) সাম্যটি বিপরীত মুখে স্থানান্তরিত হইবে।

(f) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে কোন্ শর্তের পরিবর্তন করিলে সাম্যটি বিপরীত মুখে স্থানান্তরিত হইবে? সাম্যটি হইল—

$$4HCl(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2Cl_2(g)+2H_2O(g)$$

(i) O_2-এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে, (ii) Cl_2-এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে, (iii) চাপ বৃদ্ধি করিলে, (iv) বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন বৃদ্ধি করিলে।

(g) $4Fe(s)+3O_2(g) \rightleftharpoons 2Fe_2O_3(s)$—চাপ বৃদ্ধিতে এই বিক্রিয়াটির সাম্য কোন্‌দিকে স্থানান্তরিত হইবে?

(i) সম্মুখ বিক্রিয়ার দিকে, (ii) বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার দিকে, (iii) কোনও অভিমুখে নয়।

(h) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় AgCl-এর দ্রাব্যতা 1×10^{-5} মোল/লিটার। উহার দ্রাব্যতা গুণফলের মান—

(i) $0{\cdot}1 \times 10^{-10}$, (ii) 10×10^{-5}, (iii) 1×10^{-10}, (iv) $0{\cdot}01 \times 10^{-10}$

[Bombay, H. S. 1979]

4. 3000°K উষ্ণতায়, CO_2, CO এবং O_2-এর সাম্যাবস্থায় চাপ যথাক্রমে 0·6, 0·4, 0·2 অ্যাটমোসফিয়ার—

(a) $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO+O_2$—এই বিক্রিয়ার K_p-এর মান বাহির কর, K_p-এর একক কি হইবে?

(b) এই ক্ষেত্রে K_p এবং K_c-এর সম্পর্ক কি? K_c-এর একক কি হইবে?

(c) K_c-এর মান নির্ণয় কর : ($R=0{\cdot}082$) [Bombay, 1979]

5. NaCl-এর দ্রাব্যতা জল অপেক্ষা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বেশি—বিবৃতিটি কি সত্য ? [H. S. 1978]

6. ক্ষারকীয় মূলকের রাসায়নিক বিশ্লেষণে তৃতীয় শ্রেণীর ক্ষারকীয় মূলকগুলির হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করিবার পূর্বে দ্রবণকে কয়েক ফোঁটা HNO_3 দিয়া উত্তপ্ত করিতে হয়।—ইহার কারণ কি ? [I. I. T., 1978]

7. SO_2-কে O_2-এর দ্বারা SO_3-এ পরিণত করিবার সময় তাপ গ্রহণ করে। SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি করিতে—

(i) চাপ স্থির রাখিয়া উষ্ণতা বাড়াইতে হইবে, (ii) উষ্ণতা কমাইতে এবং চাপ বাড়াইতে হইবে, (iii) উষ্ণতা এবং চাপ উভয়কেই বাড়াইতে হইবে, (iv) উষ্ণতা ও চাপ উভয়কেই কমাইতে হইবে—কোন্ বিবৃতিটি সঠিক ?

[I. I. T., 1981]

8. $H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$—এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_p পরিবর্তিত হয়।

(i) মোট চাপের সহিত, (ii) অনুঘটক যোগ করিলে, (iii) H_2 এবং I_2-এর পরিমাণের পরিবর্তন করিলে, (iv) উষ্ণতার সহিত—কোন্‌টি সঠিক ?

[I. I. T. 1981]

9. $C_2H_4+H_2 \rightleftharpoons C_2H_6-Q$ calori—বিক্রিয়াটি একটি বদ্ধপাত্রে ঘটানো হইল। সাম্যাবস্থায় C_2H_4-এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করিতে—

(i) উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে হইবে, (ii) চাপ কমাইতে হইবে, (iii) H_2-এর কিয়দংশ অপসারিত করিতে হইবে, (iv) কিছু পরিমাণ C_2H_6 যোগ করিতে হইবে—কোন্‌টি ঠিক ? [I. I. T. 1984]

10. সঠিক কিনা বল :

(a) NaCl-এর জলীয় দ্রবণে AgCl জল অপেক্ষা অধিকতর দ্রাব্য।

(b) $A_2+B_2 \rightleftharpoons 2AB$ বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক K হইলে $AB \rightleftharpoons \frac{1}{2}A_2+\frac{1}{2}B_2$ এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $\frac{1}{K}$. [I. I. T., 1984]

(c) একটি দ্রবণে Fe^{+++} এবং Mg^{++} উপস্থিত। দ্রবণটি হইতে NH_4OH যোগ করিয়া $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত করিতে কঠিন NH_4Cl যোগ করা অপরিহার্য।

[I. I. T. 1985]

11. সঠিক উত্তরটি কি ?

$$Q+X_2+2Y_2 \rightleftharpoons 2XY_2$$

এই বিক্রিয়ায়

(a) (i) $K_p=K_cRT$, (ii) $K_p=\frac{RT}{K_c}$, (iii) $K_p=\frac{1}{K_C}$

(b) সাম্যধ্রুবক K=

(i) $\frac{2[XY_2]}{[X_2][Y_2]^2}$ (ii) $\frac{[XY_2]^2}{[X_2][Y_2]^2}$ (iii) $\frac{[X_2]\times 2[Y_2]}{2[XY_2]}$

(c) বিক্রিয়াজাত পদার্থের উৎপাদন হ্রাস হইবে

(i) চাপবৃদ্ধি ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে ; (ii) চাপ হ্রাস ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে, (iii) চাপ হ্রাস ও তাপমাত্রা হ্রাস করিলে।

12. বিশুদ্ধ NH_3-কে একটি পাত্রে আবদ্ধ করিয়া উত্তপ্ত করার পর বিয়োজিত হইয়া সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হইল। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক

(i) K_p চাপের সহিত লক্ষণীয়ভাবে পরিবর্তিত হয় না ; (ii) বিয়োজনধ্রুবক '*a*' (dissociation constant) চাপের সহিত পরিবর্তিত হয় না ; (iii) NH_3-এর গাঢ়ত্ব চাপের সহিত পরিবর্তিত হয় না ; (iv) হাইড্রোজেনের গাঢ়ত্ব নাইট্রোজেনের গাঢ়ত্ব অপেক্ষা কম। কোন্‌টি সঠিক ? [I. I. T., 1984]

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 30 সি.সি. H_2 এবং 24 সি.সি. I_2 বাষ্প একটি কাচপাত্রে 465°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হইল। সাম্যাবস্থায় 36 সি.সি. HI উৎপন্ন হইলে HI-এর বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় কর। (উঃ। 39%)

2. 1 মোল H_2-এর সহিত 1 মোল I_2 মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটিকে 450°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া সাম্য আনা হইল। এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $K_c=16$ হইলে সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন HI-এর পরিমাণ কত ? (উঃ। 0·666 মোল)

3. এক লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি ফ্লাস্কে 0·5 মোল H_2 এবং 1 মোল I_2 25°C উষ্ণতায় আছে। অতঃপর ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করিয়া 500°C উষ্ণতায় সাম্য আনা হইল। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক 20 হইলে সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন HI-এর পরিমাণ কত ? (উঃ। 0·433 মোল)

4. $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g)+I_2(g)$ এই বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক 300°C উষ্ণতায় $3{\cdot}3\times10^{-2}$। এই উষ্ণতায় 1 মোল H_2 এবং 1 মোল I_2 একটি 4 লিটার ফ্লাস্কে বিক্রিয়া করিয়া সাম্যপ্রাপ্ত হইলে সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন HI-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। (উঃ। 188·1 গ্রাম)

5. 800°C উষ্ণতায় $CO(g)+H_2O \rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক 1·2। এই উষ্ণতায় একটি 1 লিটার ফ্লাস্কে 18 গ্রাম H_2O এবং 28 গ্রাম CO লইয়া বিক্রিয়া করাইলে সাম্যাবস্থায় CO, H_2O, CO_2 এবং H_2-এর গাঢ়ত্ব নির্ণয় কর। (উঃ। $C_{CO}=C_{H_2O}=0{\cdot}4773$ মোল/লি.
$C_{CO_2}=C_{H_2}=0{\cdot}52227$ মোল/লি.)

6. 8·2°C উষ্ণতায় ক্লোরোফর্ম দ্রবণে নিম্নলিখিত সাম্য প্রতিষ্ঠা হয়

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$

সাম্যাবস্থায় N_2O_4-এর গাঢ়ত্ব $1{\cdot}29\times10^{-1}$ মোল/লিটার হইলে NO_2-এর গাঢ়ত্ব নির্ণয় কর। $K_c=1{\cdot}07\times10^{-5}$ [J. Am. Chem. Soc. 1895]

(উঃ। $1{\cdot}17\times10^{-3}$ মোল/লিটার]

7. $CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$ এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক 4·00। 1 মোল CH_3COOH 8 মোল C_2H_5OH-এর সহিত বিক্রিয়া করিবার পর সাম্যাবস্থায় মিশ্রণের সংযুতি কি হইবে? [Delhi, 1971]

(উঃ। $C_{CH_3COOC_2H_5}=C_{H_2O}=0{\cdot}967$ মোল

$C_{CH_3COOH}=0{\cdot}033$ মোল

$C_{C_2H_5OH}=7{\cdot}033$ মোল)

8. 32 গ্রাম H_2 এবং 112 গ্রাম N_2 এক লিটার ধারণক্ষমতাসম্পন্ন একটি পাত্রে আবদ্ধ করা হইল। তারপর উত্তপ্ত করিয়া সাম্যাবস্থায় আনা হইল। দেখা গেল সাম্যাবস্থায় গ্যাসমিশ্রণটির চাপ কমিয়া প্রাথমিক চাপের $\frac{9}{10}$ অংশ হইয়াছে। সাম্যাবস্থায়

(i) H_2, N_2 এবং NH_3 মোল সংখ্যা কত? এবং (ii) বিক্রিয়াটির সাম্য ধ্রুবক নির্ণয় কর। (উঃ। (i) 13, 3, 2; (ii) 6×10^{3})

9. $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$ উভমুখী বিক্রিয়াটির $K_c=0{\cdot}061$। 300°C উষ্ণতায় কত চাপে PCl_5-এর 33% বিয়োজিত হইবে?

(উঃ। 0·499 অ্যাটমোসফিয়ার)

10. 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 1000°C উষ্ণতায় I_2 অণু বিয়োজিত হইয়া সাম্য প্রতিষ্ঠিত হয়। সাম্যাবস্থায় I_2-এর বিয়োজন আয়তনগতভাবে 40% হইলে K_p-র মান নির্ণয় কর। (উঃ। 0·19)

11. $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO+O_2$ উভমুখী বিক্রিয়াটিতে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সাম্যাবস্থায় 40% CO_2 বিয়োজিত হইলে বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

(উঃ। 0·074)

12. $CH_3OH+CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COOCH_3+H_2O$ এই বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক 25°C উষ্ণতায় 6·5। 2 মোল মিথাইল অ্যালকোহল 3 মোল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিলে সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন মিথাইল অ্যাসিটেটের পরিমাণ কত হইবে? (উঃ। 1·68 মোল)

——

অজৈব রসায়ন

অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও উহাদের যৌগ

OXYGEN, HYDROGEN AND THEIR COMPOUND

[Syllabus : Oxygen and Hydrogen, Water, Hard and soft water. Softening of water : Boiling, Limesoda process, Ion-exchange method, Hydrogen peroxide and Ozone.]

অক্সিজেন (অম্লজান)

পারমাণবিক চিহ্ন O — পারমাণবিক গুরুত্ব 16

আণবিক সঙ্কেত O_2 — যোজ্যতা 2

ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^4$

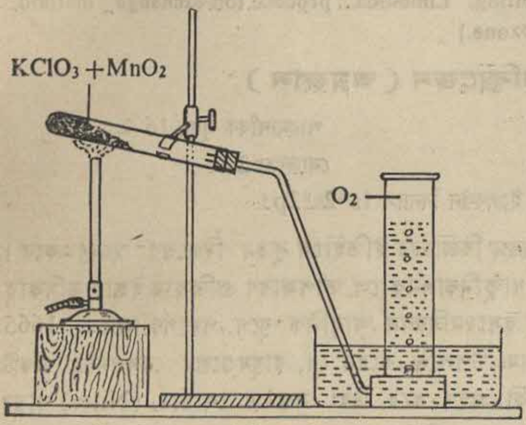
অক্সিজেন আবিষ্কার রসায়ন বিজ্ঞানের ইতিহাসে নূতন দিগন্তের সূচনা করে। দহনকার্যে, শ্বাসকার্যে এবং ধাতুনিষ্কাশনকালে তাপজারণ প্রক্রিয়ায় ইহার ভূমিকার যথার্থ মূল্যায়নের মধ্য দিয়াই রসায়নবিজ্ঞান আধুনিক যুগে পদার্পণ করে। 1665 খ্রীস্টাব্দে হুকে (Hooke) প্রথম উপলব্ধি করেন যে, বায়ুমণ্ডলের কেবলমাত্র একটি বিশিষ্ট অংশ দহনকার্যে ভূমিকা গ্রহণ করে এবং সম্ভবত শোরায় (Nitre) বায়ুর উপরি-উক্ত অংশের উপাদান রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত অবস্থায় রহিয়াছে। 1772 খ্রীস্টাব্দে শীলে (Scheele) শোরা এবং মারকিউরিক অক্সাইডের মত কয়েক-প্রকার ধাতব অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন গ্যাস প্রস্তুত করিতে সফলকাম হন। 1774 খ্রীস্টাব্দে প্রিস্টলে (Priestley) মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া স্বতন্ত্রভাবে অক্সিজেন গ্যাস প্রস্তুত করেন। কিন্তু মৌল হিসাবে অক্সিজেনকে সর্বপ্রথম উপলব্ধি করেন ল্যাভয়সিয়র (Lavoisier) এবং তিনিই মৌলটিকে Oxygine (গ্রীকভাষায় oxus-এর অর্থ অম্ল) নাম দেন। কেননা, তাঁহার ধারণা ছিল যে, অক্সিজেন সকল প্রকার অ্যাসিডের অপরিহার্য উপাদান।



চিত্র 1.1 প্রিস্টলে

বায়ুর মধ্যে আয়তনের হিসাবে 21% এবং ওজনের হিসাবে 23% অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় রহিয়াছে। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই সামান্য। কিন্তু এই যৎসামান্য দ্রাব্যতাটুকুই জলজ উদ্ভিদ ও মৎস্যের জীবনধারণের পক্ষে অপরিহার্য। অক্সিজেনের তিনটি আইসোটোপ, ^{16}O, ^{17}O এবং ^{18}O যথাক্রমে 99·76 : 0·04 : 0·20 অনুপাতে বিরাজ করে। জলে উপস্থিত অক্সিজেনের তুলনায় বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত অক্সিজেন লক্ষভাগে 0·7 ভাগ বেশী ভারী।

পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত-প্রণালী ঃ পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের 4:1 অনুপাতে উত্তমরূপে মিশ্রিত এবং চূর্ণিত মিশ্রণ দ্বারা অর্ধপূর্ণ একটি চওড়া দৃঢ় কাচ পরীক্ষানলকে (Hard glass test tube) এমনভাবে স্ট্যাণ্ডে আটকানো হয় যে, উহার মুখ সামান্য নিম্নমুখী থাকে। অতঃপর একটি বক্র নির্গমনলকে কর্কের মাধ্যমে পরীক্ষানলটির মুখে এমনভাবে সংলগ্ন করা হয় যে, নির্গম-নলটির অপর খোলামুখ একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীতে নিমজ্জিত মধুকোষপীঠের (Beehive shelf) মধ্যে প্রবেশ করে। এইবার বুনসেন দীপের সাহায্যে পরীক্ষা-নলটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হইবে এবং পরীক্ষানল ও নির্গমনলের ভিতরকার বায়ুকে বিতাড়িত করিয়া বিতাড়িত বায়ুর সহিত বুদ্‌বুদ আকারে মধুকোষ-পীঠের কেন্দ্র হইতে বাহির হইবে। পরীক্ষানল ও নির্গমনলের ভিতরকার সমস্ত বায়ু বিতাড়িত হওয়ার পর মধুকোষপীঠের কেন্দ্রস্থলের উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উল্টাইয়া রাখিলে উহার মধ্যে নির্গত অক্সিজেন জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগৃহীত হইবে।



চিত্র 1.2 ল্যাবরেটরীতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

শুদ্ধিকরণ ঃ উপরি-উক্ত উপায়ে উৎপন্ন গ্যাসে সামান্য পরিমাণ ক্লোরিন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। এইসব অশুদ্ধি দূর করিতে হইলে, প্রাপ্ত গ্যাসকে একে একে গাঢ় কস্টিক পটাস দ্রবণ এবং ঘন সাল-ফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া পারদের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করিতে হইবে। গাঢ় কস্টিক পটাস দ্রবণ কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিন গ্যাস এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জলীয় বাষ্পকে শোষণ করিয়া অক্সিজেনকে অশুদ্ধিমুক্ত করিবে।

সতর্কতা ঃ (i) ব্যবহৃত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডে কার্বন অথবা অ্যান্টিমনি-সালফাইড চূর্ণ মিশ্রিত থাকিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। (ii) পরীক্ষানলের মুখ সামান্য নিম্নমুখী না রাখিলে নির্গম-নলের মুখ হইতে জল পরীক্ষানলের তপ্ততর অংশে উপস্থিত হইয়া কাচগাত্রে ফাটল ধরাইতে পারে। (iii) পরীক্ষানলের অর্ধাংশের অধিক বিক্রিয়কচূর্ণে পূর্ণ থাকিলে উহা হইতে নির্গম-নলের মুখ বন্ধ হইয়া যাইতে পারে। (iv) পরীক্ষানলটিকে ধীরে ধীরে এবং ছড়াইয়া উত্তপ্ত না করিলে কাচগাত্র ফাটিয়া যাইতে পারে। (v) পরীক্ষানলে তাপ প্রয়োগের কাজ বন্ধ করার পূর্বে

যদি নির্গম-নলের মুখটি জল হইতে তুলিয়া রাখা না হয়, তবে গ্যাসদ্রোণীর জল নির্গম-নল বাহিয়া উত্তপ্ত পরীক্ষানলে পৌঁছাইতে এবং কাচপাত্র ফাটাইয়া বিপর্যয় ঘটাইতে পারে।

বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ

$$2KClO_3 + [MnO_2] = 2KCl + 3O_2 + [MnO_2]$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট	ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড	পটাসিয়াম ক্লোরাইড	অক্সিজেন	ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে ইহাই পরিস্ফুট হয় যে, বিক্রিয়াটির মধ্যে আসল বিক্রিয়ক কেবলমাত্র পটাসিয়াম ক্লোরেট। উহাই বিয়োজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে। ব্যবহৃত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মোট পরিমাণ, ধর্ম ও আণবিক গঠন বিক্রিয়ার শেষে অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়। কিন্তু বিক্রিয়াকালে ধনাত্মক অনুঘটক হিসাবে ইহার উপস্থিতি বিক্রিয়াটিকে নিম্নতর তাপমাত্রায় সুসম্পন্ন হইতে সাহায্য করে বলিয়া পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে সর্বদাই ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করা হয়।

অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে ব্যবহৃত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ওজন ও ধর্ম যে অপরিবর্তিত থাকিয়া যায় তাহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা কঠিন নহে। একটি নির্গম-নল সংযুক্ত পরীক্ষানলের মধ্যে যদি সঠিকভাবে ওজন করিয়া কিছু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণকে উহার প্রায় চারগুণ ওজনের পটাসিয়াম ক্লোরেট চূর্ণের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় লওয়া হয়, এবং ধীরে ধীরে পরীক্ষানলটিকে উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে নির্গম-নল দিয়া অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হইবে এবং একটি শিখাহীন জলন্ত শলাকাকে নির্গম-নলের সামনে ধরিলে, উহা দপ করিয়া জ্বলিয়া উঠিয়া নির্গত গ্যাসটিকে অক্সিজেন বলিয়া প্রমাণ করিবে। এইভাবে দীর্ঘক্ষণ ধরিয়া তাপ-প্রয়োগের ফলে ব্যবহৃত পটাসিয়াম ক্লোরেটের সবটুকু বিয়োজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হইবে। এইবার নির্গম-নলটি খুলিয়া পরীক্ষানলটি শীতল হইবার পর জলপূর্ণ করিয়া দিলে, উহার মধ্যে সৃষ্ট পটাসিয়াম ক্লোরাইড ধীরে ধীরে জলে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। অতঃপর পরিস্রাবণ দ্বারা অদ্রাব্য অবশেষকে পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ হইতে পৃথক করার পর উত্তমরূপে ধৌত ও শুষ্ক করিয়া ওজন করিলে দেখা যাইবে যে, উহার ওজন পরীক্ষাকার্য আরম্ভ করার সময় ব্যবহৃত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ওজনের সমান হইবে। এই অবশেষকে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে পুনরায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ন্যায় ব্যবহার করা যাইবে এবং ইহাকে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হইবে। এইরূপে প্রমাণিত হইবে যে, এই অবশেষের মধ্যে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ধর্ম উপস্থিত আছে।

পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহারের কারণ : শুধুমাত্র পটাসিয়াম ক্লোরেট লইয়া উত্তপ্ত করিলে 357°C তাপমাত্রায় উহা গলিয়া যায় এবং 380°C এ অক্সিজেন বাহির হইতে আরম্ভ করে। কিন্তু একই সঙ্গে দ্বিতীয় আর এক বিক্রিয়ার সূত্রপাত হয়, পটাসিয়াম ক্লোরেট, পটাসিয়াম পারক্লোরেট ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হইতে থাকে, বিক্রিয়ক মিশ্রণ ঘন কর্দমসদৃশ হইয়া উঠে এবং অক্সিজেন নির্গমের হার খুব কমিয়া যায়।

$$\underset{\text{পটাসিয়াম পারক্লোরেট}}{4KClO_3} = \underset{\text{পটাসিয়াম ক্লোরেট}}{3KClO_4} + \underset{\text{পটাসিয়াম ক্লোরাইড}}{KCl}$$

তাপমাত্রা 610°C অতিক্রম করিলে পটাসিয়াম পারক্লোরেট গলিয়া যায় এবং 630°C অতিক্রম করিলে পটাসিয়াম পারক্লোরেট বিয়োজিত হইয়া পুনরায় অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে আরম্ভ করে।

$$KClO_4 = KCl + 2O_2$$

কিন্তু বিক্রিয়ক মিশ্রণে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড উপস্থিত থাকিলে উহা পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে পটাসিয়াম পারক্লোরেটে রূপান্তরের পথে বাধা সৃষ্টি করে এবং পটাসিয়াম ক্লোরেটের গলনাঙ্কের অনেক নিম্ন তাপমাত্রায় 250° সেন্টিগ্রেডেরও কম উষ্ণতায় অক্সিজেন নির্গত হইতে থাকে। অবশ্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যতীত ফেরিক অক্সাইড, কপার অক্সাইড ইত্যাদি কয়েক প্রকার ধাতব অক্সাইডকেও পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন উৎপাদনকালে ধনাত্মক অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করা যায়। তবে ইহাদের সক্রিয়তা তুলনামূলকভাবে কম। তাই সচরাচর ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকেই ব্যবহার করা হয়।

অনুঘটন ও অনুঘটক (Catalysis and Catalyst)

রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে যদি বাহিরের কোনও পদার্থের উপস্থিতির ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিতে তারতম্য ঘটে অথচ উক্ত বাহিরের পদার্থটির ওজন, ধর্ম এবং আণবিক গঠন বিক্রিয়ার শেষে অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়, তাহা হইলে প্রক্রিয়াটিকে অনুঘটন বলে। আবার, যে সকল পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ না করিলেও, যাহাদের উপস্থিতির ফলে বিক্রিয়ার গতিতে তারতম্য ঘটে অথচ যাহাদের ওজন, ধর্ম ও আণবিক গঠন বিক্রিয়ার শেষে অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়, তাহাদের **অনুঘটক** বলে। যে সকল অনুঘটকের উপস্থিতির ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয় তাহাদের **ধনাত্মক অনুঘটক** এবং যাহাদের উপস্থিতির ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত হয় তাহাদের **ঋণাত্মক অনুঘটক** বলে। পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত প্রণালীতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার, হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে লৌহচূর্ণের ব্যবহার অথবা স্পর্শপ্রক্রিয়ায় (Contact process) সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে প্লাটিনাম অথবা

ভ্যানাডিয়াম পেণ্টোক্সাইডের ব্যবহার ধনাত্মক অনুঘটকের উদাহরণ। অন্যদিকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃবিয়োজনকে ($2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$) অথবা সোডিয়াম সালফাইটের বায়ুসংস্পর্শে জারণকে ($2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$) বিলম্বিত করার জন্য প্রথম ক্ষেত্রে ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে গ্লিসারিন ব্যবহার করা হয়। এগুলি ঋণাত্মক অনুঘটকের উদাহরণ।

অনুঘটকের বৈশিষ্ট্য ঃ

(i) অনুঘটক রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিকে ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করিলেও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। বিক্রিয়ার শেষে অনুঘটকের মোট পরিমাণ ও রাসায়নিক ধর্ম অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়।

(ii) বিক্রিয়ার গতিতে তারতম্য ঘটাইবার জন্য অল্পমাত্র অনুঘটকের প্রয়োজন হয়।

(iii) উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অনুঘটক সম্মুখগামী ও পশ্চাদ্‌গামী উভয় প্রকার বিক্রিয়ার গতি সমভাবে প্রভাবিত করে। ফলে সাম্যাবস্থার ধ্রুবকে (Equilibrium Constant) কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না। কিন্তু বিক্রিয়ক পদার্থগুলির সাম্যাবস্থা অর্জনের সময়কালে হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে।

(iv) অনুঘটক কোন বিক্রিয়ার সূচনা ঘটাইতে পারে না। শুধুমাত্র ঘটমান বিক্রিয়ার উপর প্রভাব বিস্তার করিয়া ইহার বিক্রিয়ার গতিতে তারতম্য আনিতে পারে।

(v) একটি বিশেষ অনুঘটক শুধুমাত্র একটি অথবা কয়েকটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই অনুঘটন ঘটাইতে পারে। সর্বপ্রকার বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উহার একার পক্ষে অনুঘটক হিসাবে সফলকাম হওয়া সম্ভব নহে।

(vi) কোনও বিক্রিয়ায় অনুঘটক হিসাবে কাজ করার সময় প্রত্যেক অনুঘটকের ক্ষেত্রে একটি সর্বাপেক্ষা অনুকূল (Optimum) তাপমাত্রা থাকে, যে তাপমাত্রায় অনুঘটকটি সর্বাধিক সক্রিয়তা প্রদর্শন করিতে পারে।

(vii) অনেক সময় একটি অনুঘটকের অনুঘটন ক্ষমতা অপর একটি অথবা কয়েকটি পদার্থের সান্নিধ্যে বহুগুণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। এইসব পদার্থকে উদ্দীপক বলে। যেমন হেবার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত লৌহচূর্ণ অনুঘটকের ক্ষেত্রে মলিব্‌ডেনাম অথবা পটাসিয়াম অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তম উদ্দীপক।

(viii) অনেক সময় কোনও একটি পদার্থের সামান্যতম উপস্থিতির ফলেই কোনও বিশেষ অনুঘটক অতি দ্রুত তাহার সক্রিয়তা হারাইয়া ফেলে। ইহাদের অনুঘটক বিষ (Catalyst Poison) বলে। আরসেনিয়াস অক্সাইড, হাইড্রোজেন সায়ানাইড কিংবা কার্বন মনোক্সাইড প্লাটিনাম এবং আরও অনেক অনুঘটকের ক্ষেত্রে অনুঘটক বিষ হিসাবে কাজ করে।

অনুঘটন সম্পর্কিত মতবাদ ঃ অনুঘটন কি করিয়া হয়, এ সম্পর্কে দুইটি মতবাদ প্রচলিত : মধ্যবর্তী যৌগ গঠন মতবাদ এবং (ii) বহিঃশ্রুতি মতবাদ।

(i) মধ্যবর্তী যৌগ গঠন মতবাদ অনুযায়ী অনুঘটক এক বা একাধিক বিক্রিয়কের সহিত যুক্ত হইয়া একটি মধ্যবর্তী যৌগ গঠন করে, যাহা পরবর্তী পর্যায়ে বিয়োজিত হইয়া অথবা অপর একটি বিক্রিয়কের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অনুঘটককে বর্জন করে এবং বিক্রিয়াজাত অন্তিম পদার্থে (Final Product) পরিণত হয়। পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের অনুঘটন এই মতবাদ সমর্থন করে। কারণ বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সর্বদাই অধিকতর সূক্ষ্ম চূর্ণে এবং বাদামী রঙে পরিণত হইয়া যায় এবং অনুমান হয় যে, ইহা মধ্যবর্তী পর্যায়ে অবশ্যই একটি অস্থায়ী যৌগে রূপান্তরিত হইয়াছিল। সম্ভবত বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ :

$$2MnO_2 + 2KClO_3 = 2KMnO_4 + Cl_2 + O_2$$

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

$$K_2MnO_4 + Cl_2 = 2KCl + MnO_2 + O_2$$

উৎপন্ন অক্সিজেনে অশুদ্ধি হিসাবে অল্প পরিমাণ ক্লোরিনের উপস্থিতি, বিক্রিয়ার উল্লিখিত গতিপথকে সমর্থন করে।

বহিঃধৃতি মতবাদ : কঠিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে গ্যাসীয় পদার্থদের মধ্যে বিক্রিয়ার সময়ে, অনুঘটকের বহিস্তলের ক্ষেত্রফলের গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা থাকে। অনুমান করা হয় যে, গ্যাসীয় বিক্রিয়কের অণু কঠিন অনুঘটকের বহিস্তলে বহিঃধৃত (adsorption) হইয়া সক্রিয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয় এবং বেশি সহজে নিজেদের মধ্যে অথবা অন্য বিক্রিয়কের অণুর সহিত বিক্রিয়া ঘটায়। এ জন্যই গ্যাসীয় বিক্রিয়া অনুঘটনের সময় অনুঘটককে যত বেশি সূক্ষ্মতর চূর্ণে পরিণত করা হয় ততই তাহার সক্রিয়তা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। কারণ সূক্ষ্মতর চূর্ণে পরিণত হইলে বহিস্তলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

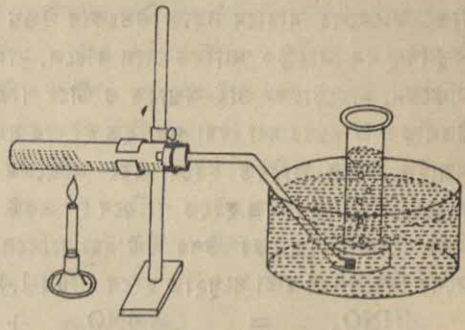
(ক) অক্সিজেনের অন্যান্য প্রস্তুত-প্রণালী :

যেসব মৌলের পরিবর্তনশীল যোজ্যতা (variable valency) থাকে, অর্থাৎ যাহারা একাধিক জারণসংখ্যা বিশিষ্ট (Oxidation number) হইয়া যৌগে অবস্থান করিতে পারে, তাহাদের উচ্চতর জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সাইড, অক্সিঅ্যাসিড বা উহার লবণকে উত্তপ্ত করিলে, প্রায়শ উহা বিজারিত হইয়া মৌলটির নিম্নতর জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সাইড বা সংশ্লিষ্ট কোনও যৌগ উৎপন্ন করে এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।

পরীক্ষা-1 (উচ্চতর জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মৌলের অক্সাইড হইতে অক্সিজেন) : একটি নির্গম-নলযুক্ত চওড়া দৃঢ়কাচ পরীক্ষানলের প্রায় অর্ধাংশ লেড ডাই-অক্সাইড দ্বারা পূর্ণ করিয়া প্রথমে মৃদু ও পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে নির্গম-নল দিয়া অক্সিজেন বাহির হইতে থাকিবে (চিত্র 1.3)। নির্গম-নলটি বক্র হইলে এবং উহার শেষপ্রান্ত একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীতে ডুবাইয়া উহার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উল্টাইয়া ধরিলে, অক্সিজেন গ্যাসজারের মধ্যে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগৃহীত হইবে।

$$\underset{\text{লেড ডাই-অক্সাইড}}{2PbO_2} = \underset{\text{লেডমনোক্সাইড}}{2PbO} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

অক্সিজেন নির্গম শেষ হওয়ার পর দেখা যাইবে যে, পরীক্ষানলে হলুদ বর্ণের লেড-মনোক্সাইড সৃষ্ট হইয়াছে। এই বিক্রিয়ায় লেড ডাই-অক্সাইডের +4 জারণসংখ্যা-বিশিষ্ট লেড পরমাণু লেড মনোক্সাইডের +2 জারণ-সংখ্যাবিশিষ্ট লেড পরমাণুতে বিজারিত হয়।



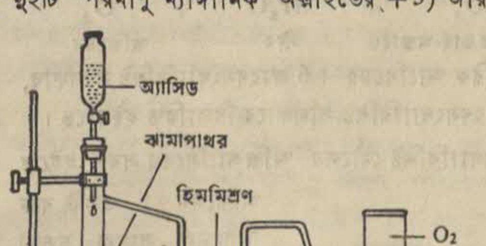
চিত্র 1.3 লেড ডাই-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

[জারণ সংখ্যা বা যোজ্যতা সংখ্যা মৌলপরমাণুর যুক্ত অবস্থার কাল্পনিক বৈশিষ্ট্য এবং মুক্ত পরমাণু যত সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণ করিয়া অবস্থায় উপনীত হইয়াছে যুক্ত সেই সংখ্যার সমান এবং বর্জন বা গ্রহণ অনুযায়ী যথাক্রমে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হিসাবে পরিগণিত। এ বিষয়ে দ্বিতীয় খণ্ডে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।]

অনুরূপভাবে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন নির্গত হইবে এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানো ম্যাঙ্গানিক অক্সাইডে পরিণত হইবে।

$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$$

Mn_3O_4-কে MnO, Mn_2O_3 রূপে গ্রহণ করিলে প্রতীয়মান হইবে যে, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডে (+4) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজের তিনটি পরমাণুর মধ্যে দুইটি পরমাণু ম্যাঙ্গানিক অক্সাইডের (+3) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজে এবং অবশিষ্ট একটি ম্যাঙ্গানাস অক্সাইডের (+2) জারণ-সংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজে বিজারিত হইয়াছে।



চিত্র 1.4 নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

পরীক্ষা-2 (উচ্চতর জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মৌলের অক্সিঅ্যাসিড হইতে অক্সিজেন) : ঝামা পাথরের টুকরায় অর্ধপূর্ণ এবং একটি বিন্দুপাতা ফানেলযুক্ত গোলতল পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনির্গম নল, হিমমিশ্রণে নিমজ্জিত U-নলের একটি বাহুর সহিত যুক্ত করিয়া, U-নলের অপর বাহুটিকে একটি বক্র নির্গমনলের সহিত এমনভাবে সংযুক্ত করা

হয় যাহাতে বক্র নির্গমনলটির শেষপ্রান্ত একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে ডুবিয়া থাকে। অতঃপর পাতন ফ্লাস্কটিকে প্রথমে মৃদু ও পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া বিন্দু-পাতী ফানেলের মাধ্যমে উহার ভিতরকার উত্তপ্ত ঝামা পাথরের টুকরাগুলির উপর বিন্দু বিন্দু ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে, নাইট্রিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও স্টীমে পরিণত হইবে। উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণ শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময়ে স্টীম ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তরলে পরিণত হইবে এবং অক্সিজেন গ্যাস গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে বুদ্‌বুদের আকারে নির্গত হইতে থাকিবে। একটি জলপূর্ণ গ্যাসজারকে নিমজ্জিত নির্গম-নলের শেষপ্রান্তের উপর উল্টাইয়া রাখিলে, গ্যাসজারটির মধ্যে অক্সিজেন জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগৃহীত হইবে (চিত্র-1.4)।

$$\underset{\text{নাইট্রিক অ্যাসিড}}{4HNO_3} = \underset{\text{নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড}}{4NO_2} + \underset{\text{স্টীম}}{2H_2O} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

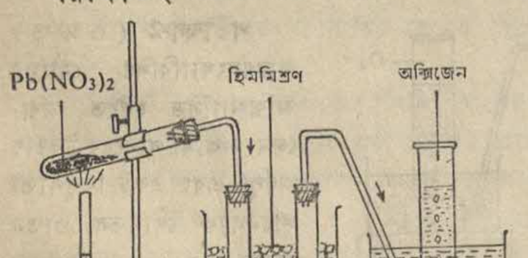
এই বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডের +5 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট নাইট্রোজেন, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের +4 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

অনুরূপভাবে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের কুচির উপর বিন্দু বিন্দু ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড, স্টীম ও অক্সিজেনে পরিণত হইবে। উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে একইভাবে হিমমিশ্রণের সাহায্যে শীতল করা হইলে স্টীম ও সালফার ডাই-অক্সাইড তরলে রূপান্তরিত হইবে এবং অক্সিজেন গ্যাসকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা সম্ভব ইইবে।

$$\underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{2H_2SO_4} = \underset{\text{সালফার ডাই-অক্সাইড}}{2SO_2} + \underset{\text{স্টীম}}{2H_2O} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

উপরোক্ত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিডের +6 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট সালফার, সালফার ডাই-অক্সাইডের +4 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট সালফারে বিজারিত হইয়াছে।

পরীক্ষা-3 (উচ্চতর জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মৌলের অক্সিঅ্যাসিডের লবণ হইতে অক্সিজেন) : একটি বক্র নির্গমনল সংযুক্ত চওড়া দৃঢ়কাচ পরীক্ষানলের মধ্যে কিছু লেডনাইট্রেট লবণ লইয়া নির্গম-নলটিকে হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের একটি বাহুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। U-নলের অপর বাহুর সহিত অন্য একটি বক্র নির্গম-নল এমনভাবে সংলগ্ন রাখা হয় যাহাতে নির্গম-নলটির শেষপ্রান্ত



চিত্র 1.5 লেড নাইট্রেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

একটি গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। পরীক্ষানলটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে চট্‌পট্ আওয়াজ করিতে করিতে লেড নাইট্রেট বিয়োজিত হইতে আরম্ভ করিবে এবং গাঢ় বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হইতে থাকিবে। নির্গত গ্যাসমিশ্রণ শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় মিশ্রণের মধ্যস্থিত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তরলে পরিণত হইবে এবং অক্সিজেন গ্যাস নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হইয়া গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হইবে। একটি জলপূর্ণ গ্যাস-জারকে নির্গম-নলের শেষপ্রান্তের উপর উল্টাইয়া ধরিলে, গ্যাসজারের মধ্যে অক্সিজেন জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগৃহীত হইবে। বিক্রিয়াশেষে পরীক্ষানলের মধ্যে হলুদ-রঙের লেডমনোক্সাইড পড়িয়া থাকিবে।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

লেড নাইট্রেট — লেডমনোক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায় +5 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট লেডনাইট্রেটের নাইট্রোজেন +4 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের নাইট্রোজেনে বিজারিত হইয়াছে।

অনুরূপভাবে পটাসিয়াম নাইট্রেট (শোরা), পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অথবা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে উত্তপ্ত করিলে, উহারা বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট — পটাসিয়াম নাইট্রাইট — অক্সিজেন

মধ্যম উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম নাইট্রেট বিয়োজিত হইয়া পটাসিয়াম নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় +5 জারণসংখ্যা বিশিষ্ট পটাসিয়াম নাইট্রেটের নাইট্রোজেন, +3 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট পটাসিয়াম নাইট্রাইটের নাইট্রোজেনে বিজারিত হয়।

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট — পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট — ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

240° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বিশুদ্ধ অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেটের একটি কালো মিশ্রণ অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকে। ইহা পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রস্তুতির একটি উৎকৃষ্ট পদ্ধতি।

উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের +7 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজ আংশিকভাবে পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেটের +6 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজে এবং আংশিকভাবে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের +4 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজে বিজারিত হইয়াছে।

$$4K_2Cr_2O_7 = 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2$$

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট — পটাসিয়াম ক্রোমেট — ক্রোমিক অক্সাইড

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া

পটাসিয়াম ক্রোমেট, ক্রোমিক অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। যেহেতু পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট এবং পটাসিয়াম ক্রোমেট উভয়ের মধ্যকার ক্রোমিয়ামই +6 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট, তাই উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটে উপস্থিত +6 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ক্রোমিয়ামের অর্ধাংশ মাত্র বিজারিত হইয়া +3 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ক্রোমিক অক্সাইডের ক্রোমিয়াম উৎপন্ন করে।

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সহিত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকিলে উহাতে মৃদু উত্তাপ প্রয়োগের সাহায্যে আরও সহজে অক্সিজেন উৎপন্ন করা সম্ভব।

$$2K_2\overset{+6}{Cr_2}\overset{-2}{O_7} + 10H_2SO_4 = 4KHSO_4 + 2\overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + 8H_2O + 3\overset{0}{O_2}$$

পটাসিয়াম বাইসালফেট   ক্রোমিক সালফেট

নাইট্রেট লবণ উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুতির আরও কয়েকটি উদাহরণ :

$$2Cu(\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3})_2 = 2CuO + 4\overset{+4}{N}O_2 + \overset{0}{O_2}$$

কিউপ্রিক নাইট্রেট   উত্তাপ   কিউপ্রিক অক্সাইড   নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড   অক্সিজেন

$$\overset{+2}{Hg}(\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3})_2 = \overset{0}{Hg} + 2\overset{+4}{N}O_2 + \overset{0}{O_2}$$

মারকিউরিক নাইট্রেট   উত্তাপ   মার্কারি   নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড   অক্সিজেন

$$2\overset{+1}{Ag}\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3} = 2\overset{0}{Ag} + 2\overset{+4}{N}O_2 + \overset{0}{O_2}$$

সিলভার নাইট্রেট   উত্তাপ   সিলভার   নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড   অক্সিজেন

শেষোক্ত দুইটি বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে লক্ষণীয় যে, নাইট্রোজেনের জারণসংখ্যা কমিবার সঙ্গে সঙ্গে ধাতুর জারণসংখ্যাও হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়াছে অর্থাৎ +5 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট নাইট্রোজেনের বিজারণের সহিত একত্রিতভাবে প্রথম ক্ষেত্রে +2 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মারকিউরিক নাইট্রেটের মার্কারি এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে +1 জারণ সংখ্যাবিশিষ্ট সিলভার নাইট্রেটের সিলভারও বিজারিত হইয়াছে।

(খ) পার-অক্সাইড ও সংশ্লিষ্ট যৌগ হইতে অক্সিজেন :

পার-অক্সাইড, পারঅ্যাসিড অথবা উহাদের লবণকে উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড   উত্তাপ   জল   অক্সিজেন

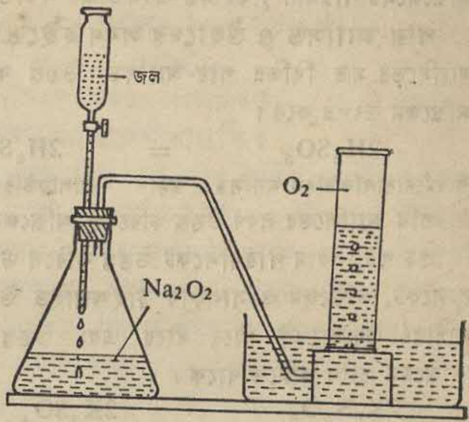
$$2Na_2O_2 = 2Na_2O + O_2$$

সোডিয়াম পার-অক্সাইড   উত্তাপ   সোডিয়াম-অক্সাইড   অক্সিজেন

সোডিয়াম পার-অক্সাইডে ফোঁটা ফোঁটা জল ফেলিলে তাপপ্রয়োগ ছাড়াই অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা : বিন্দুপাতী ফানেল এবং নির্গমনল সংযুক্ত উলফ্‌স বোতল,

কনিক্যাল ফ্লাস্ক অথবা চওড়ামুখ কোনও বোতলে সোডিয়াম পার-অক্সাইডচূর্ণ লইয়া বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে উহার উপর ফোঁটা ফোঁটা জল ফেলিলে, সাধারণ উষ্ণতাতেই অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইবে। নির্গম নলটিকে একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে চালনা করিয়া উহার শেষপ্রান্তে একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উল্টাইয়া ধরিলে, নির্গত অক্সিজেন জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হইবে।



চিত্র 1.6 সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন প্রস্তুতি

$$\underset{\text{সোডিয়াম পার-অক্সাইড}}{2Na_2O_2} + \underset{\text{জল}}{2H_2O} = \underset{\text{সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{4NaOH} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

বেরিয়াম পার-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন (ব্রিন পদ্ধতি) ঃ

বেরিয়াম অক্সাইডকে বায়ু অথবা অক্সিজেনের সান্নিধ্যে 500° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে বেরিয়াম পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু তাপমাত্রা আরও বৃদ্ধি করিয়া 800° সেন্টিগ্রেডে পরিণত করিলে বেরিয়াম পার-অক্সাইড পুনরায় বিয়োজিত হইয়া বেরিয়াম অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{বেরিয়াম পার-অক্সাইড}}{2BaO_2} \underset{500°C}{\overset{800°C}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{বেরিয়াম অক্সাইড}}{2BaO} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

বেরিয়াম অক্সাইডের সহিত অক্সিজেন সংযুক্তির এই উভমুখী বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করিয়া অধুনালুপ্ত ব্রিন পদ্ধতিতে এককালে অক্সিজেন শিল্পোৎপাদন করা হইত। তবে প্রযুক্তিগত সুবিধার জন্য বারে বারে তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটাইয়া, বেরিয়াম অক্সাইডকে একটি প্রকোষ্ঠে 700° সেন্টিগ্রেডের নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় রাখা হইত। প্রকোষ্ঠে উচ্চচাপে বায়ু চালিত করিলে বেরিয়াম অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া বেরিয়াম পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিত। অতঃপর প্রকোষ্ঠের আভ্যন্তরীণ চাপ হ্রাস করিলে বেরিয়াম পার-অক্সাইড অক্সিজেন ত্যাগ করিয়া পুনরায় বেরিয়াম অক্সাইডে বিজারিত হইত। এইরূপে নির্দিষ্ট পরিমাণ বেরিয়াম অক্সাইড বারে বারে ব্যবহার করিয়া বায়ু হইতে অক্সিজেন নিষ্কাশন সম্ভব হইত। বর্তমানে

এই পদ্ধতি বিলুপ্ত হইয়া গেলেও ধাতুনিষ্কাশনের বিভিন্ন পর্যায়ে ব্যবহৃত বায়ুর মধ্যে অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধির জন্য এখনও এই পদ্ধতির ব্যবহার প্রচলিত আছে।

পার-অ্যাসিড ও উহাদের লবণ হইতে অক্সিজেন : পারসালফিউরিক অ্যাসিডের মত বিভিন্ন পার-অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে উহারা বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2H_2SO_5 = 2H_2SO_4 + O_2$$

পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিড উত্তাপ সালফিউরিক অ্যাসিড অক্সিজেন

পার-অ্যাসিডের লবণ উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন নির্গত হয়।

শুষ্ক পটাসিয়াম পারসালফেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া পটাসিয়াম সালফেট, অক্সিজেন ও সালফার ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে। কিন্তু উহার দ্রবণ সাধারণ উষ্ণতাতেই ধীরে ধীরে এবং উত্তপ্ত করিলে দ্রুতহারে ওজোনমিশ্রিত অক্সিজেন ত্যাগ করিতে থাকে।

$$2K_2S_2O_8 = 2K_2SO_4 + 2SO_3 + O_2$$

পটাসিয়াম পারডাইসালফেট উত্তাপ পটাসিয়াম সালফেট সালফার ট্রাই-অক্সাইড

$$2K_2S_2O_8 + 2H_2O = 4KHSO_4 + O_2$$

পটাসিয়াম বাইসালফেট

(গ) বরধাতুর (Noble metal) অক্সাইড হইতে অক্সিজেন :

সিলভার, গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি বরধাতুর অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি খুবই কম। ইহারা সরাসরি অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় না এবং ইহাদের পরোক্ষ উপায়ে প্রস্তুত কোনও অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া মুক্ত ধাতু ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$2Ag_2O = 4Ag + O_2$$

সিলভার অক্সাইড উত্তাপ সিলভার অক্সিজেন

মারকিউরিক অক্সাইডকেও 450° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া মারকারি ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$2HgO \rightleftharpoons 2Hg + O_2$$

মারকিউরিক অক্সাইড উত্তাপ মারকারি অক্সিজেন

কিন্তু বিক্রিয়াটি উভমুখী। মারকারিকে বায়ু সান্নিধ্যে 300° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় দীর্ঘক্ষণ উত্তপ্ত করিলে উহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া লাল মারকিউরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

(ঘ) ক্লোরিন হইতে অক্সিজেন :

ক্লোরিনওয়াটারকে সূর্যালোকে উদ্ভাসিত করিয়া রাখিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। লোহিত তপ্ত পোর্সেলিন অথবা সিলিকা-নলের মধ্য দিয়া স্টীম ও ক্লোরিনের মিশ্রণ প্রবাহিত করিলেও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2H_2O + 2Cl_2 = 4HCl + O_2$$

জল ক্লোরিন হাইড্রক্লোরিক অ্যাসিড অক্সিজেন

ব্লিচিং পাউডার ক্লোরিনের একটি শিথিল যৌগ। জলের সাহায্যে ব্লিচিং পাউডারের একটি লেই প্রস্তুত করিয়া সামান্য পরিমাণ কোবাল্টক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করার পর মৃদুভাবে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$\underset{\text{ব্লিচিং পাউডার}}{2Ca(OCl)Cl} \xrightarrow{\text{মৃদু উত্তাপ}} \underset{\text{ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড}}{CaCl_2} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

(ঙ) সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন প্রস্তুতি :

সোডিয়াম পার-অক্সাইডে বিন্দু বিন্দু জল যোগ করিয়া সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন প্রস্তুতির এক পদ্ধতি পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। বিকল্প পদ্ধতি হিসাবে, একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল সংযুক্ত কনিক্যাল ফ্লাস্কের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ লইয়া, উহার ভিতর বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে বিন্দু বিন্দু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে, অক্সিজেন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকিবে। নিয়মানুযায়ী নির্গম-নলের শেষ প্রান্তকে গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইয়া, উহার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাস-জারকে উল্টাইয়া ধরিলে উৎপন্ন অক্সিজেন জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হইবে।

$$3H_2SO_4 + \underset{\text{পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট}}{2KMnO_4} + \underset{\text{হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড}}{5H_2O_2}$$
$$= \underset{\text{পটাসিয়াম সালফেট}}{K_2SO_4} + \underset{\text{ম্যাঙ্গানাস সালফেট}}{2MnSO_4} + \underset{\text{জল}}{8H_2O} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{5O_2}$$

(চ) অক্সিজেনের শিল্পোৎপাদন :

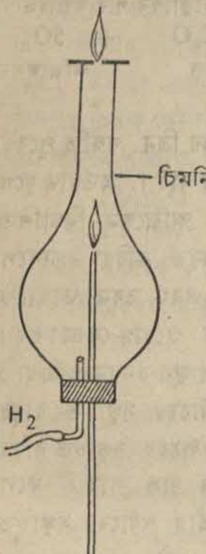
(i) বায়ু হইতে : বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতির ব্রিন পদ্ধতি পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। বর্তমানে আর ঐ পদ্ধতির ব্যবহার নাই। বর্তমান যুগে তরল বায়ুর আংশিক পাতন পদ্ধতির সাহায্যে বায়ু হইতে অক্সিজেন নিষ্কাশিত হয়। এই উদ্দেশ্যে বায়ুকে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পমুক্ত করিয়া উচ্চচাপে সঙ্কুচিত করা হয়। সঙ্কুচিত হইয়া বায়ু উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং তখন তাহাকে শীতল জলের দ্বারা ঘরের উষ্ণতায় শীতল করিয়া প্রসারণের সুযোগ দেওয়া হয়। বায়ু প্রসারিত হইবার সময় আরও শীতল হইয়া পড়ে (জুল-টমসন প্রক্রিয়া) এবং ঘরের উষ্ণতার নিম্নে শীতলীকৃত বায়ুকে পরবর্তী পর্যায়ের সঙ্কুচিত বায়ুর শীতলীকরণের জন্য ব্যবহার করা হয়। এইরূপে দ্বিতীয় পর্যায়ের সঙ্কুচিত বায়ুর তাপমাত্রা প্রথম পর্যায়ের সঙ্কুচিত বায়ুর তাপমাত্রা অপেক্ষা হ্রাস পায়। ফলে প্রসারণের পরে দ্বিতীয় পর্যায়ের প্রসারিত বায়ু দ্বারা তৃতীয় পর্যায়ের সঙ্কুচিত বায়ুকে অধিকতর শীতল করা যায় এবং এইভাবে পর্যায়গুলির পৌনঃপুনিকতা দ্বারা বায়ুর তাপমাত্রা কমিতে কমিতে শেষ পর্যন্ত বায়ু তরলে পরিণত হয়।

অতঃপর তরল বায়ুকে আংশিক পাতন (fractional distillation) করিলে অধিকতর উদ্বায়ী নাইট্রোজেন (স্ফুটনাঙ্ক $-196^\circ C$) বাহির হইয়া যায় এবং পাতন-যন্ত্রে অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকে তরল অক্সিজেন (স্ফুটনাঙ্ক $-183^\circ C$)।

(ii) জল হইতে : তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ জলের তড়িৎপরিবাহিতা খুবই সামান্য। তাই উহার পরিবাহিতা বৃদ্ধির জন্য উহাতে সামান্য পরিমাণ অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবীভূত করা হয়।

অ্যাসিড সাধারণ ধাতুনির্মিত তড়িৎ-দ্বারে ক্ষয় ঘটায় বলিয়া পরিবাহিতা বৃদ্ধির জন্য অ্যাসিড ব্যবহার করিলে তড়িৎ-দ্বার নির্মাণের জন্য মূল্যবান্ প্লাটিনাম ধাতুর প্রয়োজন হয়। তাই পরিবাহিতা বৃদ্ধির জন্য সামান্য পরিমাণ কস্টিক সোডার মত ক্ষারজাতীয় পদার্থ ব্যবহার করাই শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে প্রচলিত প্রথা। ক্ষার ব্যবহৃত হইলে সাধারণত নিকেল নির্মিত অ্যানোড বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বার এবং লৌহ নির্মিত ক্যাথোড বা ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বার ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণকালে হাইড্রোজেন ক্যাথোডে এবং অক্সিজেন অ্যানোডে মুক্তিপ্রাপ্ত হয়।

অক্সিজেনের ধর্ম : অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী এবং জলে সামান্য দ্রাব্য। $-183°C$ তাপমাত্রায় শীতল করিলে অক্সিজেন ফিকে নীল রঙের তরলে পরিণত হয়। এবং তরল হাইড্রোজেনের সাহায্যে আরও বেশি শীতল করিলে $-218.4°C$ তাপমাত্রায় ফিকে নীল রঙের কঠিন অক্সিজেন কেলাসের আবির্ভাব ঘটে। তরল অক্সিজেনের প্রায় অর্ধাংশ O_4 অণু দ্বারা গঠিত। তরল ও কঠিন দুই অবস্থাতেই অক্সিজেনের চৌম্বক ধর্ম দেখা যায়।



চিত্র 1.7 হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে অক্সিজেনের দহন

রাসায়নিক ধর্ম : যদি কোন পদার্থের সহিত একটি গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ার ফলে উত্তাপ ও আলোক নির্গত হয়, তাহা হইলে প্রক্রিয়াটিকে 'দহন' (combustion), গ্যাসীয় পদার্থটিকে 'দাহক' অথবা 'দহনের সহায়ক' (supporter of combustion) ও অন্য পদার্থটিকে 'দাহ্য পদার্থ' বলে। অক্সিজেন দাহক। অক্সিজেন পরিমণ্ডলে বিভিন্ন পদার্থ জ্বলিতে থাকে। অবশ্য 'দাহ্য পদার্থটি' গ্যাসীয় হইলে 'দাহ্য' ও 'দাহকের' অর্থ আপেক্ষিক হইয়া উঠে। বায়ু পরিবেশে জেট নিঃসৃত হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিতে থাকে। এখানে হাইড্রোজেন দাহ্য পদার্থ। কিন্তু যদি একটি চিমনীর মধ্যে হাইড্রোজেন পরিমণ্ডল সৃষ্টি করিয়া উহার মধ্যে একটি অক্সিজেন নিঃসারী জেট প্রবেশ করানো হয়, তাহা হইলে অগ্নিসংযোগের ফলে জেটনিঃসৃত অক্সিজেন জ্বলিতে থাকিবে। সুতরাং গ্যাসজারের মধ্যে হাইড্রোজেন পরিবেশে অক্সিজেন 'দাহ্য' এবং হাইড্রোজেন 'দাহক' বা 'দহনের সহায়ক' পদার্থ (চিত্র-1.7)।

পরীক্ষার সাহায্যে অক্সিজেনের দাহিকাশক্তির প্রদর্শন :

(i) একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে একটি শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা দপ্‌ করিয়া জ্বলিয়া উঠিবে।

(ii) **অধাতুর দহন :** একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে উজ্জ্বলন চামচের সাহায্যে একখণ্ড জ্বলন্ত ফস্‌ফরাস প্রবেশ করাইলে ফসফরাস তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠিবে এবং গ্যাসজারটি ফস্‌ফরাস পেন্টোক্সাইডের ধোঁয়ায় পূর্ণ হইবে। অতঃপর গ্যাসজারে অল্প নীল লিটমাস দ্রবণ ঢালিয়া ঝাঁকাইলে, নীল লিটমাস দ্রবণ লাল হইয়া উঠিবে।



চিত্র 1.8 ফসফরাসের দহন

$$P_4 + 5O_2 = 2P\ O_5$$

ফসফরাস পেন্টোক্সাইড

$$P_2O + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

অর্থোফস্‌ফোরিক অ্যাসিড

অনুরূপভাবে, ফস্‌ফরাসের পরিবর্তে জ্বলন্ত সালফারখণ্ডকে উজ্জ্বলন চামচের সাহায্যে অন্য একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবিষ্ট করাইলে দেখা যাইবে যে, উহা নীলাভ শিখায় উজ্জ্বলতর হইয়া জ্বলিতে থাকিবে এবং গ্যাসজারটি একটি তীব্র ঝাঁজালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাসে পূর্ণ হইয়া যাইবে। দহনশেষে গ্যাসজারে নীল লিট্‌মাস দ্রবণ ঢালিলে উহা পূর্বের মতই লাল হইয়া উঠিবে।

$S + O_2 = SO_2$ (সালফার ডাই-অক্সাইড)

$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

উজ্জ্বলন চামচে একটুকরা জ্বলন্ত কাঠকয়লা লইয়া অক্সিজেনপূর্ণ তৃতীয় গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, কাঠকয়লা ফুল্‌কি ছড়াইয়া উজ্জ্বলতর হইয়া জ্বলিয়া উঠিবে। এইবার গ্যাসজারে একটি গন্ধহীন বর্ণহীন গ্যাসের উৎপত্তি হইবে যাহা গ্যাসজারে নীল লিট্‌মাস দ্রবণ ঢালিয়া ঝাঁকাইবার পর লিট্‌মাস দ্রবণকে লাল্‌চে বেগুনী রঙে রূপান্তরিত করিবে।

$C + O_2 = CO_2$ (কার্বন ডাই-অক্সাইড)

$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড)

নীল লিট্‌মাসকে লাল করা অ্যাসিডের ধর্ম। দেখা গেল যে, ফসফরাস, সালফার, কার্বন ইত্যাদি অধাতু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যেসব অক্সাইড সৃষ্টি করিয়াছে তাহারা অ্যাসিডধর্মী, জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড উৎপন্ন করিয়াছে। তবে কার্বনিক অ্যাসিড খুব দুর্বল অ্যাসিড বলিয়া নীল লিট্‌মাসকে সম্পূর্ণরূপে লাল রঙে পরিণত করিতে পারে নাই, লালচে বেগুনী রঙে পরিণত করিয়াছে।

(iii) **ধাতুর দহন :** একটি উজ্জ্বলন চামচে একখণ্ড সোডিয়াম ধাতু লইয়া উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে ধাতুখণ্ডটি সোনালী হলুদ

আলোকশিখা বিস্তার করিয়া উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে। দহনশেষে উজ্জ্বলন চামচ সহ গ্যাসজারটির মধ্যে লাল লিটমাস দ্রবণ ঢালিয়া ঝাঁকাইলে, উজ্জ্বলন চামচের উপরে সৃষ্ট অবশেষটুকু দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং লাল লিট্‌মাস নীল রঙে রূপান্তরিত হইবে।

$4Na+O_2=2Na_2O$ (সোডিয়াম অক্সাইড)
$2Na+O_2=Na_2O_2$ (সোডিয়াম পার-অক্সাইড)
$Na_2O+H_2O=2NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)
$2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2$

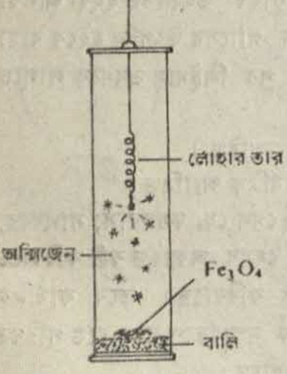
অনুরূপভাবে অপর একটি গ্যাসজারে উত্তপ্ত পটাসিয়াম ধাতুখণ্ড প্রবেশ করাইলে তাহা তীব্র বেগুনী শিখা সহ জ্বলিয়া উঠিবে এবং বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত পদার্থটিকে জলে দ্রবীভূত করিয়া লাল লিট্‌মাস দ্রবণ যোগ করিলে উহা পূর্বের মতই নীল রঙে রূপান্তরিত হইবে।

$K+O_2=KO_2$ (পটাসিয়াম পার-অক্সাইড)
$4KO_2+2H_2O=4KOH+3O_2$ (পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

অক্সিজেনপূর্ণ তৃতীয় এক গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার প্রবেশ করাইলে উহা চোখ ধাঁধাঁনো সাদা আলো বিস্তার করিয়া জ্বলিতে থাকিবে। বিক্রিয়াশেষে গ্যাসজারটির মধ্যে লাল লিট্‌মাস দ্রবণ ঢালিলে এ ক্ষেত্রেও লাল লিট্‌মাস নীল রঙে রূপান্তরিত হইবে।

$2Mg+O_2=2MgO$ (ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড)
$MgO+H_2O=Mg(OH)_2$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

লাল লিট্‌মাসকে নীল করা ক্ষারের ধর্ম। দেখা যাইতেছে যে, সোডিয়াম, পটাসিয়াম অথবা ম্যাগনেসিয়ামের মত কয়েকটি ক্ষার অথবা ক্ষারীয় মৃত্তিকা জাতীয় ধাতুর অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষার (alkali) উৎপন্ন করিয়াছে। অবশ্য মনে রাখা প্রয়োজন যে, ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণভাবে ক্ষার (base) হইলেও উহাদের সকলে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রক্সিল আয়ন প্রদায়ী ক্ষারে রূপান্তরিত হইতে এবং লাল লিট্‌মাসকে নীল রঙে পরিবর্তিত করিতে পারে না।



চিত্র 1.9 ইনগেন-হাউৎসের পরীক্ষা

(iv) ইন্‌গেন-হাউৎসের পরীক্ষা: একটি লোহার তারের কুণ্ডলীর মাথায় একখণ্ড কাঠ বাঁধিয়া জ্বালাইবার পর কুণ্ডলীটিকে অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে লোহার তারটি জ্বলিতে থাকিবে। তারটি ইস্পাতনির্মিত হইলে উহা হইতে স্ফুলিঙ্গ নির্গত হইবে এবং গলিত ম্যাগনেটিক অক্সাইডের ছোট

ছোট পিণ্ড গ্যাসজারের তলায় জমা হইবে। গ্যাসজারের তলদেশ পূর্ব হইতে বালিদ্বারা আবৃত না রাখিলে ইহার ফলে গ্যাসজারটি ফাটিয়া যাইতে পারে। পরীক্ষাটিতে কাঠের টুকরার বদলে গন্ধক অথবা কাঠ-কয়লার টুকরাও ব্যবহার করা যায় (চিত্র 1.9)।

$$3Fe+2O_2=Fe_3O_4$$

ফেরোসোফেরিক অক্সাইড অথবা ম্যাগনেটিক অক্সাইড

বিভিন্ন যৌগের সহিত অক্সিজেনের বিক্রিয়া ঃ

সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাকে ঘন বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত করে।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড → নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন সালফিউরাস অ্যাসিড, ফেরাস লবণ এবং স্ট্যানাস লবণকেও জারিত করে।

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

সালফিউরাস অ্যাসিড → সালফিউরিক অ্যাসিড

$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

ফেরাস সালফেট → ফেরিক সালফেট

$$2SnCl_2 + 4HCl + O_2 = 2SnCl_4 + 2H_2O$$

স্ট্যানাস ক্লোরাইড → স্ট্যানিক ক্লোরাইড

ক্রোমাস ক্লোরাইডের অ্যাসিড-মিশ্রিত নীল দ্রবণ অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া ক্রোমিক ক্লোরাইডের সবুজ দ্রবণে রূপান্তরিত হয়।

$$4CrCl_2 + 4HCl + O_2 = 4CrCl_3 + 2H_2O$$

ক্রোমাস ক্লোরাইড → ক্রোমিক ক্লোরাইড

অক্সিজেনের রূপান্তর ঃ শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের প্রভাবে অক্সিজেন উহার অপর একটি রূপভেদ ওজোনে (Ozone) রূপান্তরিত হয়। $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$ (ওজোন)

অক্সিজেন শোষণ ঃ

(i) একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারকে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে উল্টাইয়া ধরিলে দ্রবণটি ধীরে ধীরে অক্সিজেন গ্যাস শোষণ করিয়া বাদামী বর্ণ ধারণ করিবে এবং গ্যাসজারের মধ্যে ধীরে ধীরে উঠিতে থাকিবে।

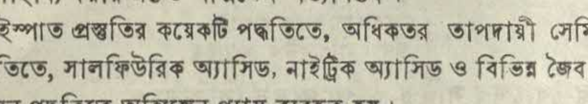
(ii) অনুরূপভাবে অন্য একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারকে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড Ammoniacal cuprous chloride) দ্রবণের উপর উল্টাইয়া ধরিলে দ্রবণটি অক্সিজেন শোষণ করিয়া ঘন নীল বর্ণ ধারণ করিবে এবং গ্যাসজারের মধ্যে শোষিত অক্সিজেনের স্থান দখল করিবার জন্য ধীরে ধীরে উপরে উঠিতে থাকিবে।

অক্সিজেনের ব্যবহার :

(i) জীবনধারণের জন্য জীবমাত্রেরই অক্সিজেন প্রয়োজন। জলের নিম্নে ডুবুরী এবং বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ কম এমন অত্যুচ্চ স্থানে অভিযানকারী পর্বতারোহী এবং বিমানচালক অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহার করে। মুমূর্ষু রোগীর শ্বাসকার্যে সাহায্য করার জন্যও অক্সিজেন অত্যাবশ্যক।

(ii) ইস্পাত প্রস্তুতির কয়েকটি পদ্ধতিতে, অধিকতর তাপদায়ী সেমি-ওয়াটার-গ্যাস প্রস্তুতিতে, সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড ও বিভিন্ন জৈব রসায়নের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

(iii) অক্সি-হাইড্রোজেন টর্চ, অক্সি অ্যাসিটিলিন টর্চ এবং লাইম লাইট ইত্যাদির জন্যও বিপুল পরিমাণ অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন টর্চে অক্সিজেন



চিত্র **1.10** অক্সি-অ্যাসিটিলিন টর্চ

ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ জ্বালাইয়া 2800° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা এবং অক্সি-অ্যাসিটিলিন টর্চে অক্সিজেন ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণ জ্বালাইয়া 3200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা সৃষ্টি করা হয়। ধাতব-পাত, দণ্ডনল ইত্যাদি কাটিবার, জুড়িবার এবং মেরামতির জন্য এই সব টর্চ ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

আবার অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার উপর ধরিয়া যদি একখণ্ড পাথুরে চুনকে (quicklime) উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে এক প্রকার উজ্জ্বল শ্বেত আলোক নির্গত হয় যাহা সাধারণত লাইমলাইট (limelight) নামে পরিচিত। জাহাজের সার্চ লাইটের আলোকসৃষ্টি ইত্যাদির জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন (জলজান)

পারমাণবিক চিহ্ন—H	পারমাণবিক গুরুত্ব—1·008
আণবিক সঙ্কেত—H_2	যোজ্যতা—1

ইলেকট্রন বিন্যাস—$1S^1$

1644 খ্রীস্টাব্দে হেলমণ্ট এবং 1672 খ্রীস্টাব্দে বয়েল এই গ্যাসের বিষয়ে উল্লেখ করিলেও এই গ্যাস সম্পর্কে প্রথম যত্নসহকারে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করেন 1766 খ্রীস্টাব্দে ক্যাভেণ্ডিস। তিনি ইহার নাম রাখেন 'দহনযোগ্য বায়ু' (inflamable air)। ল্যাভয়সিয়রই প্রথম ইহার মৌল প্রকৃতি উপলব্ধি করিয়া নামকরণ করেন হাইড্রোজেন (গ্রীক hudor অর্থ জল)।

বায়ুমণ্ডলে ইহার পরিমাণ নগণ্য হইলেও আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসের মধ্যে ইহার পরিমাণ প্রায় শতকরা 30%। অনেক খনিজ ও প্রস্তর উত্তপ্ত করিলে

এই গ্যাস নির্গত হয়। বিভিন্ন উল্কাপিণ্ড পরীক্ষা করিয়া বহিঃস্থিত অবস্থায় এই গ্যাসের অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে।

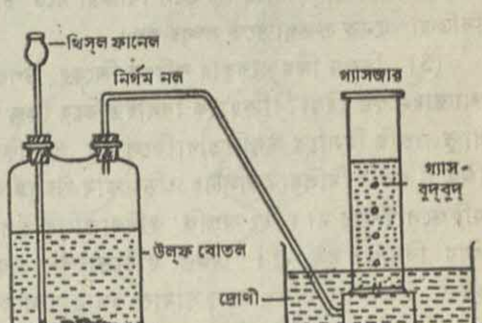
সন্ধান প্রক্রিয়ার সাহায্যে শ্বেতঃসার হইতে অ্যাসিটোন বিউটানল প্রস্তুতির সময় কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত এই গ্যাসও নির্গত হয়।

হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ 1_H, 2_H এবং 3_H। প্রধান রূপ 1_H। 2_H অথবা ডয়টেরিয়াম (deuterium) 1 : 6900 অনুপাতে 1_H হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত থাকে। দুইটি ডয়টেরিয়ামের সংঘাত ঘটাইয়া 3_H বা ট্রাইটিয়াম (tritium) প্রস্তুত করা সম্ভব হইলেও প্রকৃতিতে ইহার উপস্থিতির পরিমাণ নগণ্য।

(ক) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত প্রণালীঃ সাধারণ উষ্ণতায় অনতিশুদ্ধ বাণিজ্যিক জিঙ্কের ছিবড়ার (commercial granulated) সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়ঃ

$$\underset{\text{জিঙ্ক}}{Zn} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} = \underset{\text{জিঙ্ক সালফেট}}{ZnSO_4} + \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{H_2}$$

একটি দুই-গলাবিশিষ্ট বোতলে (উল্ফ্ বোতল) কিছু জল ও অনতিশুদ্ধ জিঙ্কের ছিবড়া লইয়া উহার একমুখে একটি দীর্ঘনাল (thistle) ফানেল এবং অন্যমুখে একটি বক্র নির্গম-নলকে এমন শক্তভাবে সংযুক্ত করা হয় যাহাতে দীর্ঘনাল ফানেলের খোলা মুখটি জলের তলায় ডুবিয়া যায় কিন্তু নির্গম-নলের মুখ বোতলের গলার কাছে থাকে এবং নির্গম-নলের বাহিরের খোলা মুখ বন্ধ করিলে বোতলের অভ্যন্তরভাগ সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ হইয়া উঠে। যেহেতু হাইড্রোজেন এবং বায়ুর মিশ্রণ অগ্নি-সংস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটায়, তাই বোতলের অভ্যন্তর-ভাগ সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ করিবার একান্ত প্রয়োজন। অতঃপর দীর্ঘনাল ফানেলের মাধ্যমে বোতলের মধ্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে হাইড্রোজেন গ্যাস পূর্বোক্ত সমীকরণ অনুসারে বাহির হইতে আরম্ভ করিবে। এইবার নির্গম-নলের খোলা মুখটি একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীতে নিমজ্জিত মধুকোষপীঠের মধ্যে ঢুকাইয়া কিছুক্ষণ নির্গত হাইড্রোজেন গ্যাসের বুদ্‌বুদের সহিত পরীক্ষা-পাত্রের ভিতরকার সমস্ত বায়ু বহিষ্কারের জন্য অপেক্ষা করিতে হইবে। সমস্ত বায়ু বহিষ্কৃত হওয়ার পর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজারকে মধুকোষপীঠের কেন্দ্রের



চিত্র 1.11 পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত প্রণালী

উপর উল্টাইয়া ধরিলে হাইড্রোজেন গ্যাসকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা যাইবে।

প্রস্তুতিকালে ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিড কেন লঘু এবং ব্যবহৃত জিঙ্ক কেন অনতিশুদ্ধ ও ছিবড়া রূপের হওয়া উচিত :

(1) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের জারক ধর্ম বর্তমান। তাই হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়া জলে পরিণত করিবে এবং নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হইবে অথবা অন্যভাবে বলিলে, জিঙ্ক ধাতু সালফিউরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিবার পূর্বেই নিজে জারিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হইবে এবং সেই জিঙ্ক অক্সাইড অতঃপর সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জিঙ্ক সালফেট ও জল উৎপন্ন করিবে।

$$Zn + H_2SO_4 = \underset{\text{জিঙ্ক অক্সাইড}}{ZnO} + \underset{\text{সালফার ডাই-অক্সাইড}}{SO_2} + H_2O$$

$$ZnO + H_2SO_4 = \underset{\text{জিঙ্ক সালফেট}}{ZnSO_4} + H_2O$$

(2) ছিবড়ারূপে জিঙ্ক ব্যবহার করার সুবিধা এই যে, ছিবড়ারূপে পরিণত হইলে জিঙ্কের বহিস্তলের ক্ষেত্রফল বহুগুণ বাড়িয়া যায় এবং যেহেতু তরলের সহিত কঠিন পদার্থের কেবলমাত্র বহিস্তলে বিক্রিয়া ঘটে তাই ছিবড়া জিঙ্ক ব্যবহার করিলে বিক্রিয়া অনেক দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয়।

(3) বিশুদ্ধ জিঙ্ক ব্যবহার করিলে জিঙ্কের উপর উৎপন্ন হাইড্রোজেনের একটি আচ্ছাদন সৃষ্ট হইয়া বিক্রিয়াকে বিলম্বিত করে কিন্তু জিঙ্কে কপার ইত্যাদি কম সক্রিয় ধাতু অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকিলে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে জিঙ্ক ও কপার মিলিয়া ভোল্‌টীয় তড়িৎকোষ উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন জিঙ্কের বহিস্তলে উৎপন্ন না হইয়া অশুদ্ধি কণিকাগুলির উপর উৎপন্ন হয়। ফলে বিক্রিয় আর বিলম্বিত হয় না। এজন্য হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে বিশুদ্ধ জিঙ্ক ব্যবহৃত হইলে, উলফ্ বোতলের মধ্যে সামান্য কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা হয়।

বিশুদ্ধিকরণ : উপরি-উক্ত পদ্ধতিতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ নহে। উহার মধ্যে সামান্য পরিমাণ আরসাইন (AsH_3), ফস্‌ফাইন (PH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) এবং নাইট্রোজেন (N_2) ইত্যাদি অশুদ্ধি থাকিতে পারে। বিশুদ্ধিকরণের জন্য তাই ঐ গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে—

(i) হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণের জন্য লেড নাইট্রেট দ্রবণের,

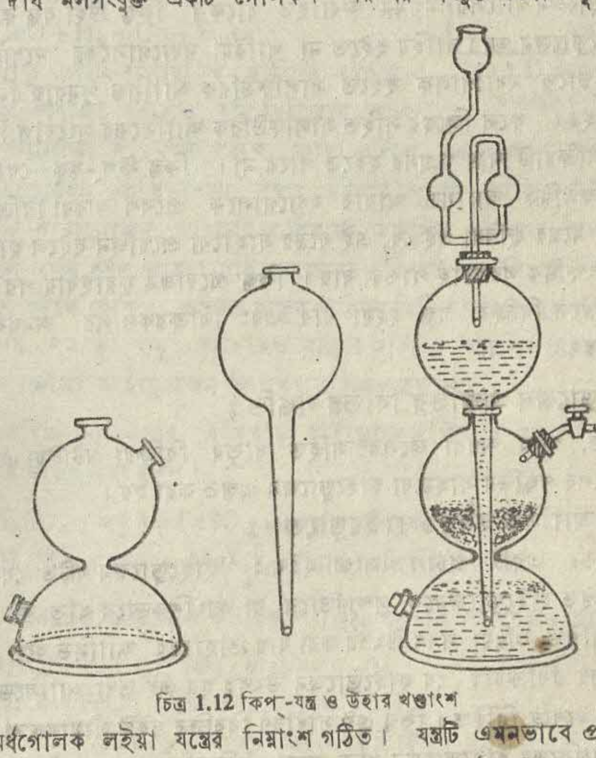
(ii) আরসাইন ও ফস্‌ফাইন শোষণের জন্য সিলভার সালফেট দ্রবণের,

(iii) সালফার ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণের জন্য কস্টিক পটাস দ্রবণের এবং

(iv) জলীয় বাষ্প শোষণের জন্য ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া বিশুদ্ধ মারকারির উপর সংগ্রহ করা হয়। অবশ্য অশুদ্ধি হিসাবে নাইট্রোজেন উপস্থিত থাকিলে উহাকে এত সহজে দূরীভূত করা যায় না। নাইট্রোজেন মুক্ত করিতে হইলে নাইট্রোজেন-মিশ্রিত হাইড্রোজেন গ্যাসকে একটি কাচের গোলকে রক্ষিত প্যালাডিয়াম ধাতুর পাতের উপর দিয়া বহুক্ষণ প্রবাহিত করিয়া পাম্পের সাহায্যে গোলকটিকে গ্যাসশূন্য করা হয়। অতঃপর প্যালাডিয়াম পাত সমেত কাচের গোলকটিকে উত্তপ্ত করিলে প্যালাডিয়াম ধাতু-কর্তৃক অন্তঃধৃত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ অবস্থায় নির্গত হয়।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে কিপ্‌-যন্ত্রের ব্যবহার :

নিম্নে কিপ্‌-যন্ত্র ও উহার খণ্ডাংশ প্রদর্শিত হইল। যন্ত্রটি তিনটি কাচগোলকের সমবায়ে গঠিত এবং দুইটি অংশে বিভাজনযোগ্য। উপরের অংশটি তলদেশে ক্রমসঙ্কীর্ণ দীর্ঘ নলসংযুক্ত একটি গোলক। পরস্পর সংযুক্ত একটি পূর্ণগোলক ও



চিত্র 1.12 কিপ্‌-যন্ত্র ও উহার খণ্ডাংশ

একটি অর্ধগোলক লইয়া যন্ত্রের নিম্নাংশ গঠিত। যন্ত্রটি এমনভাবে প্রস্তুত যাহাতে উপরের অংশটি নীচের অংশের উপর বসাইলে দৃঢ়ভাবে আঁটিয়া যায় এবং ঊর্ধ্বাংশের দীর্ঘ নলটি নিম্নাংশের গোলক দুইটির সংযোগস্থলের মধ্য দিয়া নামিয়া এবং সংযোগ-

স্থলটির মাত্র একটি সঙ্কীর্ণ আংটির আকারের স্থান উন্মুক্ত রাখিয়া, প্রায় তলদেশ স্পর্শ করে। নিম্নাংশের পূর্ণগোলকে একটি স্টপ-কক্‌যুক্ত নির্গম-নল থাকে এবং যন্ত্রাংশ দুইটি সংযোজনের পর উহা মধ্যগোলকে পরিণত হয় (চিত্র 1.12)। যন্ত্রটিকে টেবিলের উপর বসাইবার সুবিধার জন্য নিম্নাংশের অর্ধগোলকের তলদেশ সমতল রাখা হয় এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলিকে বাহির করিবার জন্য উহাতে একটি ছিপিবদ্ধ নির্গম-পথ থাকে। হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে এই যন্ত্রের মধ্যগোলকে কিছু বাণিজ্যিক অনতিশুদ্ধ ছিবড়া জিঙ্ক লইয়া ঊর্ধ্বগোলকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ঊর্ধ্বগোলক-সংযুক্ত নলের ভিতর দিয়া সরাসরি নিম্নগোলকে নামিয়া আসে এবং তাহার পর নিম্ন ও মধ্য গোলকের সংযোগ স্থলের সঙ্কীর্ণ উন্মুক্ত অংশ দিয়া ধীরে ধীরে মধ্যগোলকে উঠিয়া জিঙ্কের সহিত বিক্রিয়া ঘটায়।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

যতক্ষণ মধ্যগোলকের নির্গমনলে সংযুক্ত স্টপকক্‌টি উন্মুক্ত থাকে, ততক্ষণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের এইরূপে ধীরে ধীরে মধ্যগোলকে প্রবেশ এবং নির্গম-নল দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের নির্গমন অব্যাহত থাকে। কিন্তু উহা বন্ধ করিয়া দিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আর বাহির হইতে না পারিয়া মধ্যগোলকের মধ্যেই জমা হয় এবং উহার চাপে মধ্যগোলক হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরায় নিম্নগোলকে অপসারিত হয়। ফলে জিঙ্কের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের সংযোগ ছিন্ন হইয়া যায় এবং বিক্রিয়াটি আর অগ্রসর হইতে পারে না। কিন্তু স্টপ্‌-কক্‌ খোলার সঙ্গে সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিড আবার মধ্যগোলকে প্রবেশ করিয়া বিক্রিয়া আরম্ভ করে। এই যন্ত্রের সুবিধা এই যে, এই যন্ত্রের সাহায্যে প্রয়োজন হইলে হাইড্রোজেন গ্যাসের তাৎক্ষণিক সরবরাহ পাওয়া যায়। কিন্তু প্রয়োজন ফুরাইবার পর স্টপ্‌-কক্‌ বন্ধ করিয়া দিলে বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায় এবং বিক্রিয়কগুলির অনর্থক অপচয় নিবারিত হয়।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি ঃ

অ্যাসিড, ক্ষার অথবা জলের সহিত ধাতুর বিক্রিয়া ঘটাইয়া এবং আরও কয়েকটি বিশেষ পদ্ধতির সাহায্যে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

(ক) অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন ঃ

অ্যাসিডের একটি প্রচলিত সংজ্ঞা হইল ঃ "হাইড্রোজেন ঘটিত যেসব যৌগ হইতে উপস্থিত হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণভাবে বা আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতুমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করা যায় তাহাদের অ্যাসিড বলে।" ধাতু ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এই তথ্য অ্যাসিডের উপরি-উক্ত সংজ্ঞার মধ্যেই নিহিত। কিন্তু এই সাধারণ বিবৃতির দুইটি সীমাবদ্ধতা আছে।

(i) অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনযোগ্য হইলেও সব ধাতু এই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে না। কেবলমাত্র যে-সকল ধাতু তড়িৎ-

রাসায়নিক সারিতে (ধনাত্মক) হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত, অর্থাৎ যাহারা হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয়, শুধু তাহারাই অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে সক্ষম। ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের যত উর্ধ্বে অবস্থিত, অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিবার ক্ষমতা তাহার ক্ষেত্রে ততই অধিক। তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে যেসব ধাতু হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত, (যেমন কপার, সিলভার ইত্যাদি) তাহারা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। বরং তাহাদের ক্ষেত্রে বিপরীত ঘটনা ঘটে। হাইড্রোজেনই ঐ সব ধাতুর যৌগ হইতে ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করে। (উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত হইলে, হাইড্রোজেন কপার অক্সাইডকে ধাতব কপারে বিজারিত করে।)

K
Ca
Na
Mg
Al
Mn
Zn
Cr
Fe
Cd
Sn
Pb
(H)
Cu
Hg
Ag
Au

চিত্র 1.13 ধনাত্মক তড়িৎ-রাসায়নিক সারি

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

(ii) ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত হইলেও, যদি বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অ্যাসিডের জারনধর্ম থাকে, তাহা হইলে বহুক্ষেত্রে ধাতুটি অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম হইবার পূর্বেই জারিত হইয়া যায়, অর্থাৎ ধাতুটি হাইড্রোজেন আয়নের পরিবর্তে অ্যাসিড মূলককে ইলেকট্রন দান করে। ফলে শেষ পর্যন্ত আমরা হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অ্যাসিডের বিজারণজাত পদার্থ উদ্ভূত হইতে দেখি। এইজন্য ধাতুর সহিত বিক্রিয়াকালে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা ঘন বা লঘু যে-কোনও মাত্রার নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে প্রায় কোনও ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা সম্ভব হয় না।

ধাতুর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, এমন কয়েকটি বিক্রিয়া নিম্নে উল্লেখ করা হইল।

$Fe + H_2SO_4$ (লঘু) $= FeSO_4$ (ফেরাস সালফেট) $+ H_2$
$Mg + H_2SO_4$ (লঘু) $= MgSO_4$ (ম্যাগ্‌নেসিয়াম সালফেট) $+ H_2$

হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড শুধুমাত্র লঘুমাত্রায় ব্যবহৃত হয়।

$Zn + 2HCl = ZnCl_2$ (জিঙ্ক ক্লোরাইড) $+ H_2$
$Fe + 2HCl = FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড) $+ H_2$
$2Al + 6HCl = 2AlCl_3$ (অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড) $+ 3H_2$
$Sn + 2HCl = SnCl_2$ (স্ট্যানাস ক্লোরাইড) $+ H_2$
$2Na + 2HCl = 2NaCl$ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) $+ H_2$

হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লঘু বা ঘন যে-কোনও মাত্রার হইতে পারে কিন্তু ঘন অ্যাসিড ব্যবহার করিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত অধিক পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস মিশ্রিত অবস্থায় নির্গত হয় বলিয়া সচরাচর লঘু অ্যাসিডই ব্যবহৃত হয়।

$Mg + 2HNO_3$ (লঘু) $= Mg(NO_3)_2$ (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট) $+ H_2$

নাইট্রিক অ্যাসিড তীব্র জারক। তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের ঊর্ধ্বে অবস্থিত সকল ধাতুই ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে পারে না। লঘু-নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার সময়েও ম্যাগ্‌নেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ব্যতীত অন্য ধাতুগুলির ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না।

(খ) ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন :

জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন, লেড ইত্যাদি উভধর্মী ধাতুগুলি এবং সিলিকনের মত অধাতু ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ; কিন্তু এই বিক্রিয়া অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ন্যায় তীব্র নহে। অ্যালুমিনিয়াম ঘন উত্তপ্ত কস্টিক সোডা অথবা কস্টিক পটাসের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + H_2$$

অ্যালুমিনিয়াম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড জল সোডিয়াম অ্যালুমিনেট হাইড্রোজেন

অনুরূপভাবে, জিঙ্ক, টিন ও লেড ঘন উত্তপ্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের (অর্থাৎ কস্টিক সোডার) সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন এবং যথাক্রমে সোডিয়াম জিঙ্কেট, সোডিয়াম স্ট্যানাইট ও সোডিয়াম প্লাম্বাইট উৎপন্ন করে।

$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+ H_2$

$Sn + 2NaOH = Na_2SnO_2$ (সোডিয়াম স্ট্যানাইট) $+ H_2$

$Pb + 2NaOH = Na_2PbO_2$ (সোডিয়াম প্লামবাইট) $+ H_2$

$Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3$ (সোডিয়াম সিলিকেট) $+ 2H_2$

(গ) জল হইতে হাইড্রোজেন :

সাধারণ উষ্ণতায় : পটাসিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি তড়িৎ-রাসায়নিক সারির সর্বোচ্চ স্থানাধিকারী ধাতুগুলি সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং নিজেরা জারিত হইয়া হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

$2Na + 2H_2O = 2NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ H_2$

$2K + 2H_2O = 2KOH$ (পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ H_2$

$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ H_2$

ফুটন্ত অবস্থায় : উহাদের ঠিক নিম্নবর্তী কয়েকটি ধাতু, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, জিঙ্ক ইত্যাদি সূক্ষ্ম চূর্ণ অথবা সক্রিয়রূপে উপস্থিত থাকিলে ফুটন্ত জলকে

বিজারিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং নিজেরা জারিত হইয়া হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। জিঙ্ককে সক্রিয় করার জন্য উহাকে দীর্ঘক্ষণ কপার সালফেট দ্রবণে নিমজ্জিত রাখা হয়। কপার সালফেট হইতে কপার অধিকতর সক্রিয় জিঙ্ক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া উহার উপর একটি আবরণের সৃষ্টি করে এবং পরে ধৌত ও শুষ্ক হইয়া জিঙ্ক-কপার যুগ্ম (zinc copper couple) নামে জিঙ্কের একটি সক্রিয় রূপ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ H_2$

$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3$ (অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ 3H_2$

$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2$ (জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড) $+ H_2$

বলা বাহুল্য যে শীতল অবস্থায় জল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম ধাতুগুলি ফুটন্ত অবস্থাতেও জল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া হাইড্রক্সাইডে পরিণত হইবে।

বাষ্পীয় অবস্থায়ঃ পূর্বোল্লিখিত ধাতুগুলি এবং আয়রন ইত্যাদি আরও কয়েক প্রকার ধাতুকে লোহিত তপ্ত অবস্থায় রাখিয়া, উপর দিয়া স্টীম চালনা করিলেও জল বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু এইরূপ পরিবেশে ক্ষারীয় ধাতুগুলি (সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি) ব্যতীত অন্যগুলি জারিত হইয়া হাইড্রক্সাইডের পরিবর্তে অক্সাইড গঠন করে।

$Mg + H_2O = H_2 + MgO$ (ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড)

$Zn + H_2O = H_2 + ZnO$ (জিঙ্ক অক্সাইড)

$3Fe + 4H_2O = 4H_2 + Fe_3O_4$ (ফেরোসোফেরিক অক্সাইড)

হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিঃ হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদনের জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি বর্তমান. যথা :

(1) লেন পদ্ধতি বা আয়রন-স্টীম পদ্ধতি

(2) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ

(3) ওয়াটার গ্যাস অনুঘটন পদ্ধতি বা বশ্ পদ্ধতি

(4) স্টীম-হাইড্রোকার্বন পদ্ধতি ইত্যাদি।

এইসব পদ্ধতি সম্পর্কে শিল্পোৎপাদন-সংক্রান্ত অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।

হাইড্রোজেনের ধর্মঃ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। ইহা শ্বাসকার্যে সহায়তা না করিলেও বিশুদ্ধ অবস্থায় বিষাক্ত নহে। বাতাসের তুলনায় ইহা 14·4 গুণ লঘু এবং জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম। অ্যালকোহল এবং পেট্রোলে ইহার দ্রাব্যতা জলের তুলনায় যথাক্রমে চার ও তিনগুণ অধিক। সকল প্রকার গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেনের তাপপরিবাহিতা সর্বাধিক। হাইড্রোজেন গ্যাসের অণু দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। $H_2 \rightleftharpoons 2H$। প্যালাডিয়াম ধাতু হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(i) হাইড্রোজেন অপরের দহনে সহায়তা করে না কিন্তু নিজে দাহ্য। অক্সিজেন বা বায়ুতে হাল্কা নীলাভ শিখায় জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেনকে বায়ু অথবা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ ঘটে। অগ্নিসংযোগ না করিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে 180°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অথবা প্রখর সূর্যালোকে রাখিলে ধীরে ধীরে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হইয়া জল উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সম্পূর্ণ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হইলে উহাদের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করা হইলেও বিস্ফোরণ ঘটে না। $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

(ii) **অধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** হাইড্রোজেন, ফ্লোরিন ও ক্লোরিনের সহিত সক্রিয়ভাবে এবং ব্রোমিন, আয়োডিন, সালফার, ফস্‌ফরাস, নাইট্রোজেন ও কার্বনের সহিত বিশেষ বিশেষ অবস্থায় যুক্ত হয়।

জেটনিঃসৃত ফ্লোরিন হাইড্রোজেন পূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রজ্বলিত হয়। $H_2 + F_2 = 2HF$ (হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড)

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ অন্ধকারে কোনও বিক্রিয়া না করিলেও, সূর্যালোকে রাখিলে বা তাপপ্রয়োগ করিলে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া ঘটায় এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস)

হাইড্রোজেন ও ব্রোমিন বাষ্পের মিশ্রণ 300°C-এর নিম্ন তাপমাত্রায় প্রখর সূর্যালোকে রাখিলেও বিক্রিয়া করে না, কিন্তু প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়া ঘটে এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$H_2 + Br_2 = 2HBr$ (হাইড্রোজেন ব্রোমাইড)

অনুরূপভাবে, হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বাষ্পকে উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের উপর দিয়া চালিত করিলে হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু বিক্রিয়াটি উভমুখী। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ (হাইড্রোজেন আয়োডাইড)। ফুটন্ত সালফারের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করিলে পচা ডিমের দুর্গন্ধযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। $H_2 + S = H_2S$ (হাইড্রোজেন সালফাইড)

200 অ্যাটমস্‌ফিয়ার বায়ুচাপে ও 550°C তাপমাত্রায় মলিব্‌ডেনাম অথবা পটাসিয়াম অক্সাইড-অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড মিশ্রণ উদ্দীপিত আয়রনচূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন নাইট্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে (হেবার পদ্ধতি)।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 \text{ (অ্যামোনিয়া)}$$

হাইড্রোজেন পরিবেশে কার্বন তড়িৎদ্বারের মধ্যে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করিলে হাইড্রোজেন কার্বনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$2C + H_2 = C_2H_2 \text{ (অ্যাসিটিলিন)}$$

ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ পটাসিয়াম, সোডিয়াম, লিথিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি ধাতুকে উত্তপ্ত করিয়া উত্তপ্ত ধাতুর উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করিলে, হাইড্রোজেন ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রাইড গঠন করে। এই সব ধাতব হাইড্রাইড জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং হাইড্রোজেন ও ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

$2Na + H_2 = 2NaH$ (সোডিয়াম হাইড্রাইড)

$NaH + H_2O = H_2 + NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$2K + H_2 = 2KH$ (পটাসিয়াম হাইড্রাইড)

$KH + H_2O = H_2 + KOH$ (পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$Ca + H_2 = CaH_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড বা হাইড্রোলিথ)

$CaH_2 + 2H_2O = 2H_2 + Ca(OH)_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

উপরি-উক্ত ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা জাতীয় ধাতুগুলির হাইড্রাইডে হাইড্রোজেন তড়িৎ-ঋণাত্মক আয়নরূপে অবস্থান করে এবং গলিত অবস্থায় এই সব হাইড্রাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে হাইড্রোজেন হ্যালোজেনের মত অ্যানোডে মুক্ত হয়।

$$NaH \rightleftharpoons Na^+ + H^-$$

সুতরাং এই সব ধাতুর সহিত বিক্রিয়াকালে হাইড্রোজেন ইলেকট্রনগ্রাহী জারকপদার্থ রূপে আচরণ করে।

বিজারক হিসাবে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঃ অক্সিজেনের প্রতি প্রবল আসক্তির জন্য হাইড্রোজেনকে বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড বিজারনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড অথবা কিউপ্রাস অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত হইলে কিউপ্রিক অথবা কিউপ্রাস অক্সাইড বিজারিত হইয়া কপারকে মুক্ত করে।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

$$Cu_2O + H_2 = H_2O + 2Cu$$

অনুরূপভাবে, উত্তপ্ত ফেরোসোফেরিক অক্সাইড অথবা উত্তপ্ত লেড অক্সাইডের উপর দিয়া চালিত হইলে হাইড্রোজেন ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুকে মুক্ত করে।

$$PbO + H_2 = Pb + H_2O$$

$$Fe_3O_4 + 4H_2 \rightleftharpoons 3Fe + 4H_2O$$

হাইড্রোজেনের কয়েকটি বিশিষ্ট ধর্মের পরীক্ষা ঃ

(ক) হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা লঘুতর ঃ ছোট ছোট ছেলেরা যেসব গ্যাসপূর্ণ রবার বেলুন বাতাসে উড়াইয়া খেলা করে, সেগুলি ফুলাইবার জন্য হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা লঘু বলিয়াই বেলুনগুলি

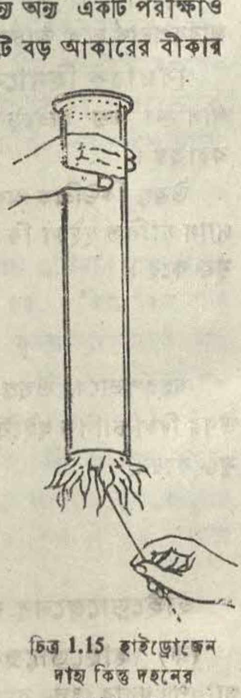
উপরের দিকে উঠে। পরীক্ষাগারে খুব সহজ পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেনের এই ধর্ম প্রদর্শন করা যায়। একটি কাচের ঢাকনা দেওয়া হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারকে টেবিলের উপর বসাইয়া, উহার উপর একটি বায়ুপূর্ণ গ্যাসজার উল্টাইয়া মুখোমুখি বসাইলে এবং অতঃপর দুইটির মধ্যবর্তী কাচের ঢাকনাটি সরাইয়া লইলে, নীচের গ্যাসজার হইতে হাইড্রোজেন উপরের গ্যাসজারে উঠিয়া যাইবে এবং উহার মধ্যে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে, শলাকা নিবিয়া যাইবে ; কিন্তু উহার ভিতরকার গ্যাস ঈষৎ নীলাভ শিখা সহ জ্বলিতে থাকিবে। ইহাতে প্রমাণ হয় যে, হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা লঘুতর বলিয়াই নীচের গ্যাসজার হইতে উপরের গ্যাসজারে চলিয়া গিয়াছে।



চিত্র 1.14 হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা লঘু

হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা লঘুতর প্রমাণ করিবার জন্য অন্য একটি পরীক্ষাও করা যায়। একটি সূক্ষ্ম রাসায়নিক তুলাদণ্ডের দুই বাহুতে দুটি বড় আকারের বীকার উল্টাভাবে ঝুলাইয়া প্রয়োজনীয় ওজনের সাহায্যে তুলাদণ্ডটিকে সাম্যাবস্থায় আনা হয়। তারপর কিপ্ যন্ত্র অথবা উলফ্ বোতল হইতে নির্গত হাইড্রোজেনকে নির্গম-নলের মুখ ঘুরাইয়া যে-কোনও একটি বীকারের মধ্যে চালিত করা হয়। হাইড্রোজেন বীকারের ভিতরকার বায়ুকে অপসারিত করিয়া সেই স্থান অধিকার করে এবং দেখা যায় যে, বীকারটি তুলাদণ্ডের যে-বাহুর সহিত সংযুক্ত তাহা উপরের দিকে উঠিয়া গিয়াছে। ইহাতে প্রমাণ হয় যে, হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা লঘুতর বলিয়াই বীকারের মধ্যে ঊর্ধ্বমুখী ঘাত সৃষ্টি করিতে সক্ষম হইয়াছে।

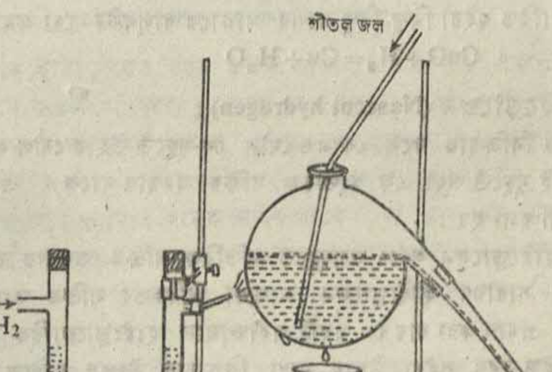
(খ) হাইড্রোজেন দাহ্য কিন্তু দহনের সহায়ক নয়ঃ হাইড্রোজেনপূর্ণ একটি গ্যাসজারকে উল্টাইয়া ধরিয়া, উহার মুখের ঢাকনা অপসারণের পর ভিতরে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, শলাকাটি নিবিয়া গিয়াছে, কিন্তু গ্যাস্জারের মুখে হাইড্রোজেন ঈষৎ নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতেছে। (চিত্র 1.15)


চিত্র 1.15 হাইড্রোজেন দাহ্য কিন্তু দহনের সহায়ক নয়।

(গ) অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া ঘটায়ঃ একটি পাত্রে সাবানগোলা জল লইয়া উহার মধ্যে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করিলে কতকগুলি হাইড্রোজেন গ্যাস-ভরা বুদ্‌বুদ উৎপন্ন হইবে। এইবার উহাদের যে-কোনও একটির মধ্যে বুদ্‌বুদটি অক্ষুণ্ণ রাখিয়া সাবধানে একটি অক্সিজেন-নিঃসারী জেট প্রবেশ করাইলে বুদ্‌বুদটি আকারে বাড়িতে থাকিবে। বুদ্‌বুদটির আয়তন আনুমানিক দেড়গুণ হইবার পর অক্সিজেন-নিঃসারী জেটটিকে অপসারিত করিয়া, বুদ্‌বুদের নিকট একটি জ্বলন্ত শলাকা লইয়া গেলে দেখা যাইবে যে, প্রচণ্ড শব্দ করিয়া বুদ্‌বুদটি ফাটিয়া যাইতেছে। ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া করে।

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

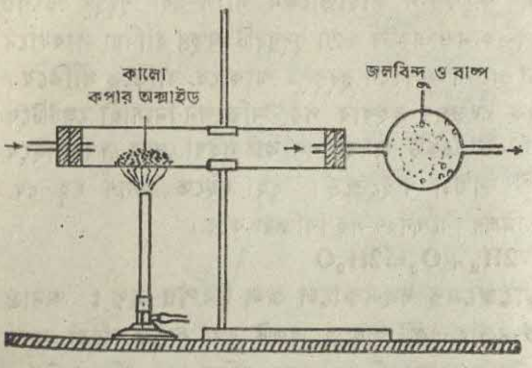
(ঘ) বায়ুতে হাইড্রোজেনের দহনকালে জল উৎপন্ন হয়ঃ অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের একটি বাহুতে একটি জেট সংযুক্ত করিয়া অপর বাহুটিকে হাইড্রোজেন-নিঃসারী কিপ্‌ যন্ত্রের নির্গম-নলের সহিত যুক্ত করিলে নির্গত হাইড্রোজেন অনার্দ্র হইয়া জেট দিয়া বাহির হইতে থাকিবে। এইরূপে কিছুক্ষণ গ্যাস চালনা করিলে U-নলের ভিতরকার সবটুকু বাতাস হাইড্রোজেন দ্বারা



চিত্র 1.16 বায়ুতে হাইড্রোজেনের দহন

অপসারিত হইয়া যাইবে এবং তাহার পর জেট নির্গত হাইড্রোজেনকে একটি জলপ্রবাহ দ্বারা শীতলীকৃত বকযন্ত্রের গাত্রে জ্বালাইয়া চিত্রানুযায়ী বকযন্ত্রের নিম্নে একটি বীকার স্থাপন করিলে অল্প পরেই দেখা যাইবে যে, বকযন্ত্রের তলদেশে বিন্দু বিন্দু তরল জমিয়া বীকারের মধ্যে পড়িতেছে। এই তরল অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল করে। সুতরাং প্রমাণিত হয় যে, হাইড্রোজেনের দহনের ফলে সৃষ্ট পদার্থটি জল (চিত্র 1.16)।

(ঙ) হাইড্রোজেন-কর্তৃক ধাতব অক্সাইড বিজারণ : একটি দুইমুখ খোলা দৃঢ় কাচনলের মধ্যে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লইয়া উহার একপ্রান্তে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা বিশুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবেশ করানো হয়। দুইমুখ খোলা নলটির অপর প্রান্ত দিয়া হাইড্রোজেন স্রোতের সহিত ভিতরকার সব বায়ু অপসারিত হইয়া যাইবার পর প্রান্তটিতে একটি শীতলীকৃত বাল্‌ব সংযুক্ত করিয়া দৃঢ় কাচনলটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। দীর্ঘকাল উত্তাপ প্রয়োগের পর দেখা যাইবে যে, কাচনলের কালো কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া লাল কপারে পরিণত হইয়াছে এবং হাইড্রোজেন জারিত হইয়া বিন্দু বিন্দু জলের আকারে বাল্‌বটির মধ্যে জমা হইয়াছে।



চিত্র 1.17 হাইড্রোজেন দ্বারা কপার অক্সাইড বিজারণ

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

জায়মান হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen) :

রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কোনও মৌল যে-মুহূর্তে উহার যৌগ হইতে মুক্তিলাভ করে, সেই মুহূর্তে উহা এক অতিরিক্ত সক্রিয় অবস্থায় থাকে। এই অবস্থাকে জায়মান অবস্থা বলা হয়।

জায়মান হাইড্রোজেন অর্থাৎ জন্মমুহূর্তে অতিরিক্ত সক্রিয় অবস্থার হাইড্রোজেন যে সত্যসত্যই সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয় তাহা পরীক্ষার দ্বারা সহজেই প্রমাণ করা যায়। একটি পরীক্ষানলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে কিপ্‌যন্ত্রে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে কোনও উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন লক্ষিত হয় না। কিন্তু ঐ বিকারকপূর্ণ পরীক্ষানলে কিছু জিঙ্কের ছিবড়া যোগ করিলেই ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের বাদামী হলুদ বর্ণ অন্তর্হিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণের (অতি সামান্য সবুজাভ) প্রায় বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$Zn + 2HCl = ZnCl_2$ (জিঙ্ক ক্লোরাইড) $+ 2[H]$ (জায়মান হাইড্রোজেন)

$FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড) $+ [H] = FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড) $+ HCl$

অনুরূপভাবে, পরীক্ষানলে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণ অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের হলুদ দ্রবণ লইয়া, দ্রবণের মধ্যে স্বতন্ত্র পরীক্ষা-পাত্রে প্রস্তুত হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করিলে, কোনও রূপ লক্ষণীয় পরিবর্তন ঘটিবে না। কিন্তু পরীক্ষা-

নলের মধ্যে কিছু জিঙ্কের ছিবড়া যোগ করিলে সঙ্গে সঙ্গে চাক্ষুষ পরিবর্তন ঘটিবে। পরীক্ষানলে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট থাকিলে উহার বেগুনী বর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যাইবে এবং সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট থাকিলে উহার হলুদ বর্ণের দ্রবণ সবুজ রঙে রূপান্তরিত হইবে।

$2KMnO_4$	$+3H_2SO_4+10[H]=$	K_2SO_4	$+\ 2MnSO_4$	$+8H_2O$
পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট		পটাসিয়াম সালফেট	ম্যাঙ্গানাস সালফেট	
$K_2Cr_2O_7$	$+4H_2SO_4+6[H]=$	K_2SO_4	$+\ Cr_2(SO_4)_3$	$+7H_2O$
পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট	সালফিউরিক অ্যাসিড	পটাসিয়াম সালফেট	ক্রোমিক সালফেট	

স্পষ্টত, পরীক্ষাধীন বিকারকগুলির সহিত স্বতন্ত্রভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেন সাধারণ আণবিক রূপে বিক্রিয়া ঘটাইতে অসমর্থ। কিন্তু যখন পরীক্ষানলের মধ্যেই হাইড্রোজেনকে উৎপন্ন করা হয়, অর্থাৎ বিকারক অণুগুলি জায়মান হাইড্রোজেনের সংস্পর্শে আসে, তখনই বিক্রিয়া ঘটে এবং বিকারকগুলি হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়।

জায়মান হাইড্রোজেন কেন বেশি সক্রিয়ঃ

জায়মান হাইড্রোজেন কেন বেশি সক্রিয়, সে সম্পর্কে সকলে একমত নন। অনেকে মনে করেন যে, যেহেতু রাসায়নিক বিক্রিয়া মাত্রই পরমাণু দ্বারা সংঘটিত হয়, তাই জন্মলগ্নের মুহূর্তে অন্যান্য মৌলের ন্যায় হাইড্রোজেনও পরমাণুরূপে উদ্ভূত হয় এবং দুইটি পরমাণু একত্রিত হইয়া অণু গঠনের পূর্বমুহূর্ত পর্যন্ত ইহার সক্রিয়তা হাইড্রোজেন অণুর তুলনায় অনেক অধিক থাকে। সুতরাং, এই মতবাদ অনুযায়ী জায়মান হাইড্রোজেন মূলত পারমাণবিক হাইড্রোজেন। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, তড়িৎ বিশ্লেষণকালে যখন ক্যাথোডে হাইড্রোজেন নির্গত হয় তখন সেই ক্যাথোডের চারিধারে অক্সিজেন গ্যাসের বুদ্‌বুদ পাঠাইলে উহা বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করে। যেহেতু অক্সিজেন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া গ্যাসীয় হাইড্রোজেন পরমাণু অনুরূপভাবে হাইড্রোজেন পারক্সাইড গঠন করে, তাই এই পরীক্ষা জায়মান হাইড্রোজেন সম্পর্কে পারমাণবিক মতবাদের স্বপক্ষে একটি বড় যুক্তি। কিন্তু এমন অনেকে আছেন যাঁরা মনে করেন যে জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তার আসল কারণ এই যে, হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবার সময় অতি ক্ষুদ্র বুদ্‌বুদের আকার ধারণ করে এবং বুদ্‌বুদের ব্যাসার্ধ অতি ক্ষুদ্র হইবার জন্য উহার ভিতরকার হাইড্রোজেনের উপর অতি উচ্চ চাপ সৃষ্ট হয়। উচ্চচাপে হাইড্রোজেন যে সিলভার নাইট্রেটের মত অনেকগুলি ধাতব লবণকে বিজারিত করে, তাহাও পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে। জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তার আসল কারণ যাহাই হউক না কেন যে বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন

উৎপন্ন হইতেছে, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের উপর তাহার প্রভাবও অনস্বীকার্য। অ্যাসিড দ্রবণে, ক্ষারীয় দ্রবণে অথবা প্রশম দ্রবণে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা সমান নহে।

পারমাণবিক হাইড্রোজেন: নিম্নচাপে হাইড্রোজেন গ্যাস লইয়া তড়িৎ প্রবাহ দ্বারা উত্তপ্ত টাংস্টেন তারের সাহায্যে উচ্চ তাপমাত্রায় তাপিত করিলে, হাইড্রোজেন অণু বিয়োজিত হইয়া পরমাণুতে পরিণত হয়। প্রমাণ বায়ুচাপেও হাইড্রোজেনের মধ্যে টাংস্টেন তড়িৎদ্বারের সাহায্যে বিদ্যুৎক্ষরণ করিলে পারমাণবিক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। $H_2 \rightleftharpoons 2[H]$

পারমাণবিক হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অর্থাৎ আণবিক হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয়। ইহা সাধারণ উষ্ণতায় সালফার, ফসফরাস, আর্সেনিক এবং বহু ধাতুর সহিত যুক্ত হয়, অন্ধকারেও ক্লোরিনকে বিজারিত করে এবং অক্সিজেন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2[H] + O_2 = H_2O_2 \text{ (হাইড্রোজেন পারক্সাইড)}$$

সিলভার, মারকারি, কপার ইত্যাদি ধাতুর লবণ সাধারণ উষ্ণতায় পারমাণবিক হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া মুক্ত ধাতুতে পরিণত হয়। অ্যাসিডযুক্ত পারম্যাঙ্গানেট এবং ডাইক্রোমেট লবণ বিজারিত হইয়া যথাক্রমে ম্যাঙ্গানাস ও ক্রোমিক লবণে রূপান্তরিত হয়। ইহা নাইট্রোজেন অণুর সহিত সরাসরি যুক্ত হইতে না পারিলেও কার্বন মনোক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া ফরম্যালডিহাইড গঠন করে।

$$2[H] + CO = H - CO - H$$

পারমাণবিক হাইড্রোজেন পুনর্মিলিত হইয়া আণবিক হাইড্রোজেনে পরিণত হইবার সময়ে বিপুল পরিমাণ তাপ মুক্ত হয়। অনেক ধাতুর বহিস্তল এই পুনর্মিলন বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কার্য করে। তাই এই সব ধাতুর গলন, ওয়েল্ডিং অথবা সঙ্কর ধাতুতে রূপান্তরের কাজে পারমাণবিক হাইড্রোজেনের ব্যবহার ক্রমবর্ধমান। ইহার সাহায্যে টাংস্টেন ধাতু (গলনাঙ্ক 3400°C) সহজেই গলাইয়া ফেলা যায় এবং লোহকে কার্বন, নাইট্রোজেন বা অক্সিজেনের সংস্পর্শ এড়াইয়া বিভিন্ন প্রকারের উন্নতমানের ইস্পাত সঙ্করে (alloy steel) পরিণত করা যায়।

অন্তঃধৃত হাইড্রোজেন (Occluded Hydrogen): আয়রন, প্লাটিনাম, প্যালাডিয়াম প্রভৃতি ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় অথবা অল্প উত্তপ্ত করিলে নিজের আয়তনের বহুগুণ হাইড্রোজেন গ্যাস নিজের মধ্যে টানিয়া লয়। ধাতুদেহে ধৃত এই হাইড্রোজেনকে অন্তঃধৃত হাইড্রোজেন এবং প্রক্রিয়াটিকে অন্তঃধৃতি (Occlusion) বলে। উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে এই অন্তঃধৃত গ্যাস আবার ধাতুদেহ ছাড়িয়া বাহির হইয়া যায়। সকল ধাতুর মধ্যে প্যালাডিয়ামের এইরূপ হাইড্রোজেন অন্তঃধৃতির ক্ষমতা সর্বাধিক। হাইড্রোজেন পরিবেশের মধ্যে প্যালাডিয়ামকে তিন ঘন্টা 95°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে প্যালাডিয়াম নিজের আয়তনের প্রায় সাড়ে ছয়শত গুণ আয়তনের হাইড্রোজেনকে অন্তঃধৃত করে। অনেকে মনে করেন যে,

অন্তঃধৃত হাইড্রোজেন প্যালাডিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করিয়া PdH_2 যৌগ গঠন করে, কিন্তু অধিকাংশ বৈজ্ঞানিকের মতে অন্তঃধৃত হাইড্রোজেন মূলত কঠিনের মধ্যে গ্যাসের দ্রবণ এবং সম্ভবত এই দ্রবণে দ্রাব হাইড্রোজেন পারমাণবিক রূপে অবস্থান করে। অবশ্য প্যালাডিয়াম ধাতু কর্তৃক ধৃত হাইড্রোজেনের সবটুকু অন্তঃধৃত অবস্থায় থাকে না, একটি অংশ বহিঃধৃত অবস্থায় ধাতুর বহিস্তলে অবস্থান করে এবং সেজন্য ধাতুকে অধিকতর সূক্ষ্মচূর্ণে পরিণত করিলে উহার হাইড্রোজেন ধারণ ক্ষমতা বাড়িয়া যায়।

অন্তঃধৃত হাইড্রোজেন সাধারণ আণবিক হাইড্রোজেন অপেক্ষা অনেক বেশি সক্রিয়। ইহা মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে বিজারিত করিয়া মারকারিকে মুক্ত করে, ক্লোরিন অথবা আয়োডিনের সহিত অন্ধকারের মধ্যেও যুক্ত হয়, এবং বাদামী-হলুদ রঙের ফেরিক দ্রবণকে প্রায় বর্ণহীন ফেরাস লবণে পরিণত করে।

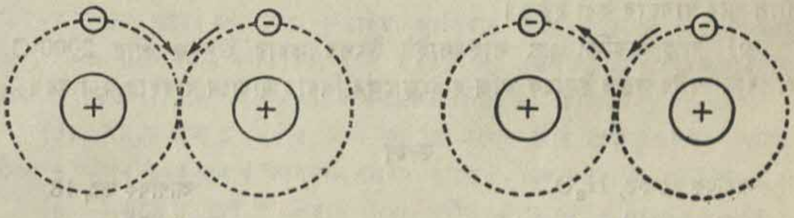
$HgCl_2 + 2[H] = Hg + 2HCl$

$Cl_2 + 2[H] = 2HCl$

$FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড) $+ [H] = FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড) $+ HCl$

হাইড্রোজেনের রূপভেদ ঃ অর্থো-ও প্যারা-হাইড্রোজেন

হাইড্রোজেন অণুর মধ্যে দুইটি পরমাণু। প্রত্যেক পরমাণুর কেন্দ্রে একটি করিয়া



চিত্র 1.17

প্রোটন। কিন্তু এই প্রোটন স্থির নহে। নিরন্তর লাটিমের মত পাক খাইতেছে। যদি কোনও হাইড্রোজেন অণুর ভিতরকার দুইটি পরমাণুর কেন্দ্রস্থ প্রোটন একই দিকে পাক খায়, তাহা হইলে অণুটিকে অর্থো-হাইড্রোজেন এবং যদি বিপরীত দিকে পাক খায় তাহা হইলে প্যারা-হাইড্রোজেন বলে।

সাধারণ হাইড্রোজেন অর্থো ও প্যারা এই দুই জাতীয় অণুর 3 : 1 অনুপাতের একটি মিশ্রণ। শীতল ও সঙ্কুচিত করিলে অর্থো-হাইড্রোজেন প্যারা-হাইড্রোজেনে রূপান্তরিত হয়। তরল হাইড্রোজেন দ্বারা শীতলীকৃত কাঠকয়লার মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস শোষিত হইলে সাধারণ হাইড্রোজেনে উপস্থিত প্রায় সব অর্থো-হাইড্রোজেন অণু প্যারা-হাইড্রোজেনে রূপান্তরিত হয় এবং পরে পাম্পের সাহায্যে নিম্নচাপ সৃষ্টি করিয়া কাঠকয়লা হইতে বিশুদ্ধ প্যারা হাইড্রোজেনকে নিষ্কাশন করা যায়। কিন্তু অর্থো-হাইড্রোজেনকে কিছুতেই বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা যায় না।

প্যারা-হাইড্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক অর্থো-হাইড্রোজেন অপেক্ষা সামান্য কম এবং ইহার তাপ পরিবহণ ক্ষমতা অর্থো-হাইড্রোজেন অথবা সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা বেশি।

হাইড্রোজেনের ব্যবহার ঃ

(1) হাইড্রোজেনের সর্বাপেক্ষা অধিক ব্যবহার সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে।

(2) বিভিন্ন জৈব রসায়ন উৎপাদনের জন্য হাইড্রোজেনেশান পদ্ধতিতে এবং অসম্পৃক্ত তৈলকে সম্পৃক্ত করিয়া বনস্পতি উৎপাদনের জন্যও হাইড্রোজেন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(3) কার্বনকে হাইড্রোজেনেশান করিয়া বার্জিয়াস পদ্ধতিতে এবং কার্বন মনোক্সাইড বিজারিত করিয়া ফিশার ট্রপশ্ পদ্ধতিতে কৃত্রিম পেট্রোলে পরিণত করিতেও এই গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

(4) ফেনল হইতে সাইক্লোহেক্সানল, ন্যাপ্থালিন হইতে টেট্রালিন, কার্বন মনোক্সাইড হইতে মিথানল এবং ক্লোরিন হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপাদনের জন্যও হাইড্রোজেন গ্যাস প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(5 বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া বেলুনে এবং জেপেলিন নামক বায়ুযানে এই গ্যাস পূর্বে ব্যবহার করা হইত।

(6) ধাতু ওয়েল্ডিং এবং লাইমলাইট উৎপন্ন করার উপযুক্ত প্রায় 2000°C তাপমাত্রা সৃষ্টির জন্যও ইহাকে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার মাধ্যমে ব্যবহার করা হয়।

জল

আণবিক সঙ্কেত, H_2O আণবিক ভর, 18

বাষ্পীয় ঘনত্ব, 9 আপেক্ষিক গুরুত্ব, 1

ক্যাভেন্ডিশের আবির্ভাবের পূর্ব পর্যন্ত জলকে একটি মৌল হিসাবেই গণ্য করা হইত। 1781 খ্রীস্টাব্দে ক্যাভেন্ডিশ্ প্রথম প্রমাণ করেন যে, দাহ্য বায়ু (Inflammable air অর্থাৎ হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটাইলে জল উৎপন্ন হয়। 1783 খ্রীস্টাব্দে ল্যাভয়সিয়র ক্যাভেন্ডিশের পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করেন এবং উত্তপ্ত বন্দুকের নলের মধ্য দিয়া স্টীম চালিত করিয়া জলের মধ্যে অক্সিজেনের উপস্থিতি সপ্রমাণ করেন। তিনি দেখান যে, স্টীম বন্দুকের নলের লৌহের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে যৌগ উৎপন্ন করে, তাহা লৌহের সহিত অক্সিজেনের মিলনের ফলে সৃষ্ট ম্যাগনেটিক অক্সাইডের তুল্যধর্মী।

প্রকৃতিতে অবস্থান ঃ জল বিভিন্ন রূপে চতুর্দিকে ছড়াইয়া রহিয়াছে।

(1 **কঠিন ঃ** বরফ অবস্থায় মেরুপ্রদেশে এবং তুষাররূপে শীতপ্রধান অঞ্চলে জলের সাক্ষাৎ পাওয়া যায়। এতদ্ব্যতীত বিভিন্ন প্রাকৃতিক কেলাসের মধ্যেও কেলাস জল হিসাবে ইহা উপস্থিত থাকে।

(2) তরল : তরল হিসাবে ইহা পৃথিবীর প্রায় তিন-চতুর্থাংশ আবৃত করিয়া আছে।

(3) বাষ্প : বায়ুমণ্ডলে স্থান-কাল অনুযায়ী বিভিন্ন মাত্রায় জলীয় বাষ্প উপস্থিত থাকে।

উৎস অনুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে চারভাগে ভাগ করা হয়।

(1) বৃষ্টির জল, (2) ভূগর্ভস্থ জল (ঝর্ণা ও কূপের জল), (3) নদীর জল, (4) সমুদ্রের জল।

(1) বৃষ্টির জল : ইহা প্রাকৃতিক উপায়ে সৃষ্ট পাতিত জল এবং বিভিন্ন প্রকার প্রাকৃতিক জলের মধ্যে বিশুদ্ধতম। তবু ইহার মধ্যে লবণ ও জৈব যৌগ-যুক্ত ধূলিকণা, দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং যৎসামান্য অক্সিজেন, বজ্রপাতের সময়ে সৃষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি থাকিতে পারে। শিল্পাঞ্চলের নিকটবর্তী স্থানে বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত সালফার ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডও থাকিতে পারে।

(2) ভূগর্ভস্থ জল : ঝর্ণা বা কূপের জলে সাধারণত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর লবণ এবং কখনও কখনও আয়রন এবং অন্যান্য খনিজ দ্রবীভূত থাকে। কিন্তু এই জল নদীজলের তুলনায় পরিস্রুত। কারণ ভূগর্ভস্থ সচ্ছিদ্র স্তরের মধ্য দিয়া চুঁয়াইয়া আসিবার সময় প্রাকৃতিক নিয়মেই ইহা হইতে অদ্রাব্য ভাসমান বস্তুকণিকা পৃথক হইয়া যায়। ভূগর্ভস্থ জলে অধিক পরিমাণ লবণ দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে খনিজ জল (Mineral water) বলে।

(3) নদীর জল : নদীর জলে ভূগর্ভস্থ জলের ন্যায় দ্রবীভূত লবণ ব্যতীত জৈব ও অজৈব উভয় প্রকার ভাসমান বস্তুকণা থাকে। এজন্য ইহা সচরাচর অস্বচ্ছ।

(4) সমুদ্রের জল : ইহার মধ্যে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ সর্বাধিক। সাধারণ লবণ অর্থাৎ সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যতীত ইহার মধ্যে পটাসিয়াম, ক্যাল্‌-সিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়ামের ক্লোরাইড, সালফেট, কার্বনেট, ব্রোমাইড, আয়োডাইড ইত্যাদি বিভিন্ন পরিমাণে মিশ্রিত থাকে। সমুদ্রের জলে মোট প্রায় শতকরা 3·6% দ্রবীভূত লবণ থাকে, যাহার মধ্যে একা সোডিয়াম ক্লোরাইডের অংশ 2·6%

প্রকৃতিলব্ধ জল হইতে আপত্তিকর অশুদ্ধিগুলিকে দূরীভূত করিয়া উহাকে বিশেষ বিশেষ ব্যবহারের উপযোগী করিয়া তোলাকে ওয়াটার কণ্ডিশানিং (Water Conditioning) বলে। প্রধানত যেসব বিভিন্ন প্রকার ওয়াটার কণ্ডিশানিং করা হয় সেগুলি নিম্নরূপ :

(i) নাগরিকদের পানীয় জল সরবরাহের জন্য পৌরসভা অবলম্বিত ব্যবস্থা (Municipal Water Conditioning)

(ii) খর জলের মৃদুকরণ (Softening of Hard Water)

(iii) বিভিন্ন শিল্পের জন্য জলকে আয়নশূন্য অথবা খনিজশূন্য করা (De-ionisation or De-mineralisation of water)

(iv) বয়লার ভরার জলের জন্য অবলম্বিত ব্যবস্থা (Conditioning of Boiler-feed water) :

(i) **পানীয় জল সরবরাহের জন্য অবলম্বিত ব্যবস্থা :** নদীর জল হইতে পানীয় জল প্রস্তুতি ব্যবস্থার প্রধানত চারটি পর্যায়। (ক) থিতানো (Sedimentation), (খ) পরিস্রাবণ (Filtration), (গ) বায়ুসংযোগ (Aeration), (ঘ) নির্বীজন (Sterilization)।

(ক) নদীর জলকে প্রথমে ফট্‌কিরি মিশাইয়া একটির পর একটি করিয়া থিতাইবার কয়েকটি চৌবাচ্চায় (Settling Tank) উপছাইয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত করিলে, এগুলির মধ্যে ভাসমান অশুদ্ধি কণিকাগুলির প্রধানাংশ থিতাইয়া পৃথক হইয়া যায়। ফট্‌কিরির ভিতর অ্যালুমিনিয়াম সালফেট থাকে। উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3$ (ফট্‌কিরি) $+ 6H_2O$

$= 2Al(OH)_3$ (অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+ 3H_2SO_4 + K_2SO_4$

অ্যালুমিনিয়াম আয়ন কলয়ডীয় অবস্থায় জলে ভাসমান অদ্রাব্য কণিকাগুলির তঞ্চন (Coagulation) ঘটায় এবং উহার অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ থিতাইয়া নিচে নামিবার সময় অদ্রাব্য কণিকাগুলি লইয়া একসঙ্গে থিতাইয়া পৃথক হইয়া যায়।

(খ) ও (গ) : থিতাইবার চৌবাচ্চায় থিতাইবার পর আংশিক অশুদ্ধিমুক্ত জলকে পাম্পের সাহায্যে ধারার আকারে পরিস্রাবণ মাধ্যমের (Filter bed) সিমেন্টনির্মিত ঢালু পাড়ের উপর ফেলিয়া বায়ুসংযোগের সুযোগ দেওয়া হয়। এইভাবে বায়ুসংযোগের ফলে এবং সূর্যকিরণের সাহায্যে জল আংশিকভাবে জীবাণুমুক্ত হয়। তারপর, সরু দানার বালির স্তর, মোটা দানার বালির স্তর এবং গ্রাভেল পাথরকুচির স্তরের মধ্য দিয়া ক্রমান্বয়ে প্রবাহিত করিয়া এই জলকে পরিস্রুত করা হয়।

(ঘ) অবশেষে এই পরিস্রুত জলকে ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরিন জল ইত্যাদি জীবাণুনাশকের সাহায্যে অন্য একটি চৌবাচ্চায় জীবাণুমুক্ত করা হয়। অনেক সময়ে জীবাণুনাশের জন্য আলট্রাভায়োলেট রশ্মি অথবা আলট্রাসোনিক শব্দতরঙ্গও ব্যবহার করা হয়।

(ii) **খরজলের মৃদুকরণ (Softening of Hard Water) :** খরজলের মৃদুকরণ পদ্ধতি সম্পর্কে আলোচনার পূর্বে জানা উচিত খরজল কাহাকে বলে এবং কি কি কারণে মৃদুজল খরতা সম্পন্ন হয়।

খরজল ও মৃদুজল (Hard water and Soft water) : যে জলে সাবান ঘষিলে সহজে ফেনা উৎপন্ন হয় তাহাকে মৃদুজল বলে। বিশুদ্ধ জল সর্বদাই মৃদু কিন্তু মৃদু জলমাত্রই বিশুদ্ধ নয়। সাধারণত মৃদুজলে সোডিয়াম ধাতুর বিভিন্ন লবণ এবং কখনও কখনও পটাসিয়াম ধাতুর লবণ দ্রবীভূত থাকে।

খরজল : যে জলে সাবান ঘষিলে সহজে ফেনা উৎপন্ন হয় না, কেবলমাত্র অনেক সাবান অপচয় হইবার পর ফেনা উৎপন্ন হয়, তাহাকে খরজল বলে।

খরতার কারণ : জলে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম অথবা ফেরাস আয়রনের লবণ দ্রবীভূত থাকিলে খরতার সৃষ্টি হয়। অনেকে ফেরাস লবণের উপস্থিতিজনিত খরতাকে সত্যকার খরতা না বলিয়া "উপখরতা" (Pseudo hardness) নামে অভিহিত করেন। কারণ বায়ুসংযোগ ঘটিলে জলে উপস্থিত ফেরাস আয়রন লবণ স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত এবং আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া হলুদ বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$O_2 + \underset{\text{ফেরাস সালফেট}}{4FeSO_4} + 10H_2O = \underset{\text{ফেরিক হাইড্রক্সাইড}}{4Fe(OH)_3\downarrow} + 4H_2SO_4$$

আমাদের দেশে অনেক নলকূপের এবং কূপের জলে এইরূপ ফেরাস আয়রনের উপস্থিতিজনিত উপখরতা দেখিতে পাওয়া যায়।

জলে সাবান ঘষিলে ফেনা হইবার কারণ এই যে, সাবানে সাধারণত স্টিয়ারিক, পামিটিক, ওলেয়িক ইত্যাদি দীর্ঘ কার্বনশৃঙ্খলযুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম অথবা পটাসিয়াম লবণ উপস্থিত থাকে এবং এই জাতীয় জলে দ্রবণীয় দীর্ঘ কার্বন-শৃঙ্খলযুক্ত লবণই ফেনা উৎপন্ন করিতে সক্ষম। কিন্তু খরজলে সাবান ঘষিলে জলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর লবণ সাবানে উপস্থিত যৌগ-গুলির সহিত বিক্রিয়া করে এবং দীর্ঘ কার্বনশৃঙ্খলযুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম ম্যাগ্‌নেসিয়াম ইত্যাদি লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। তাই যতক্ষণ না অনেক সাবান খরচ করার পর ক্যালসিয়াম ম্যাগ্‌নেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুমূলক অধঃক্ষিপ্ত হইয়া জল হইতে সম্পূর্ণভাবে পৃথক হয়, ততক্ষণ সাবান ফেনা সৃষ্টি করিতে পারে না।

$$\underset{\text{সোডিয়াম স্টিয়ারেট}}{2C_{17}H_{35}COONa} + MgCl_2 = \underset{\text{ম্যাগ্‌নেসিয়াম স্টিয়ারেট}}{(C_{17}H_{35}COO)_2Mg\downarrow} + 2NaCl$$

খরতার শ্রেণীবিভাগ—স্থায়ী খরতা ও অস্থায়ী খরতা : খরজলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা ফেরাস লবণের অ্যাসিডমূলকের প্রকৃতি অনুযায়ী খরতাকে স্থায়ী খরতা ও অস্থায়ী খরতা এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে।

অস্থায়ী খরতা : খরজলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা ফেরাস আয়রনের বাইকার্বনেট লবণ যদি খরতার কারণ হয়, তাহা হইলে ঐরূপ খরতাকে অস্থায়ী খরতা বলে। এইরূপ নামকরণের কারণ, অস্থায়ী খরজলকে খুব সহজে সামান্য ফুটাইয়া মৃদুজলে পরিণত করা যায়।

স্থায়ী খরতা : খরজলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা ফেরাস আয়রনের ক্লোরাইড বা সালফেট লবণ যদি খরতার কারণ হয়, তাহা হইলে ঐরূপ খরতাকে স্থায়ী খরতা বলে। স্থায়ী খরতাকে ফুটাইয়া বা সহজ কোনও উপায়ে দূর করা যায় না।

বিভিন্ন মৃদুকরণ পদ্ধতি

পুরাতন পদ্ধতি : জল মৃদুকরণের পুরাতন পদ্ধতিগুলি হইল, স্ফুটন পদ্ধতি, ক্লার্ক পদ্ধতি, সোডা পদ্ধতি ও লাইম-সোডা পদ্ধতি। স্ফুটন ও ক্লার্ক পদ্ধতিতে শুধুমাত্র অস্থায়ী খরতা হ্রাসপ্রাপ্ত বা দূরীভূত হয়। সোডা পদ্ধতিতে শুধুমাত্র স্থায়ী খরতাকে আংশিকভাবে এবং লাইম-সোডা পদ্ধতিতে উভয়প্রকার খরতাকে সম্পূর্ণ-ভাবে দূর করা যায়।

স্ফুটন পদ্ধতি : অস্থায়ী খরজলে যে ক্যালসিয়াম অথবা ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট থাকে, স্ফুটনের ফলে তাহারা অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2} = \underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow} + CO_2 + H_2O$$

$$\underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট}}{Mg(HCO_3)_2} = \underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট}}{MgCO_3\downarrow} + CO_2 + H_2O$$

কিন্তু ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট সম্পূর্ণ অদ্রাব্য নহে। জলে উহার সামান্য দ্রাব্যতা আছে। তাই এই পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেটের উপস্থিতিজনিত খরতা সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয় না। জলে যদি স্থায়ী খরতা থাকে, অর্থাৎ ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড বা সালফেট দ্রবীভূত থাকে, তাহা হইলেও এই পদ্ধতিতে জলকে মৃদু করা যায় না। তাই এই পদ্ধতি শুধুমাত্র অস্থায়ী খরতাকে আংশিকভাবে হ্রাস করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

ক্লার্ক-পদ্ধতি (Clark's Process) : এই পদ্ধতির সাহায্যে অস্থায়ী খরতাকে ফুটানো চুন (Slaked lime) যোগ করিয়া সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায়। তবে এই পদ্ধতি স্থায়ী খরতার ক্ষেত্রে অকার্যকর।

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{(CaOH)_2} = \underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{2CaCO_3\downarrow} + H_2O$$

$$\underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট}}{Mg(HCO_3)_2} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{2Ca(OH)_2}$$

$$= \underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{2CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{Mg(OH)_2\downarrow} + H_2O$$

লক্ষণীয় যে, এই পদ্ধতিতে প্রতি ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট অণু দুই অণু চুনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ম্যাগ্‌নেসিয়াম মূলক অদ্রাব্য ম্যাগ্‌নেসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হইয়া সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

সোডা পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে কাপড় কাচা সোডা অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিয়া স্থায়ী খরতাকে আংশিকভাবে দূরীভূত করা হয়। জলের স্থায়ী খরতার কারণ উহার মধ্যে কালসিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম ধাতুর ক্লোরাইড বা সালফেট লবণের উপস্থিতি। ঐ সকল লবণ সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম কার্বনেটকে নিম্নলিখিতভাবে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$CaSO_4$ (ক্যালসিয়াম সালফেট) + Na_2CO_3
= Na_2SO_4 (সোডিয়াম সালফেট) + $CaCO_3 \downarrow$

$CaCl_2$ (ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড) + Na_2CO_3
= $2NaCl$ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) + $CaCO_3 \downarrow$

$MgSO_4$ (ম্যাগ্‌নেসিয়াম সালফেট) + Na_2CO_3
= Na_2SO_4 (সোডিয়াম সালফেট) + $MgCO_3 \downarrow$

$MgCl_2$ (ম্যাগ্‌নেসিয়াম ক্লোরাইড) + Na_2CO_3
= $2NaCl$ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) + $MgCO_3 \downarrow$

ম্যাগ্‌নেসিয়াম কার্বনেট জলে সামান্য পরিমাণ দ্রাব্য (sparingly soluble) বলিয়া এই পদ্ধতিতে স্থায়ী খরতা সম্পূর্ণরূপে দূর করা যায় না। জলে অস্থায়ী খরতা থাকিলেও এই পদ্ধতি জলকে খরতামুক্ত করিতে পারে না। তাই শুধুমাত্র স্থায়ী খরতার আংশিক দূরীকরণের জন্য এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

লাইম সোডা-পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে জলে উপস্থিত স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় প্রকার খরতাকে পরিমাণ মত ফুটানো চুন ও কাপড়কাচা সোডা যোগ করিয়া সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায়। জলের মধ্যে উপস্থিত ম্যাগ্‌নেসিয়াম ধাতুর লবণ-গুলি প্রথমে চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অদ্রাব্য ম্যাগ্‌মেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করেও দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + Ca(HCO_3)_2$$
$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaCl_2$$
$$MgSO_4 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaSO_4$$

এইরূপে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম লবণ উপস্থিত ক্যালসিয়াম লবণগুলির সহিত একত্রিতভাবে, বাইকার্বনেট জাতীয় হইলে চুনের সহিত এবং ক্লোরাইড অথবা সালফেট জাতীয় হইলে কাপড়কাচা সোডার সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে অধঃক্ষিপ্ত করে এবং জল সম্পূর্ণরূপে স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয়প্রকার খরতামুক্ত হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 \downarrow + H_2O$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = 2NaCl + CaCO_3 \downarrow$$
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CaCO_3 \downarrow$$

সাধারণত লাইমসোডা পদ্ধতিকে সাধারণ তাপমাত্রায় অথবা জলের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি তাপমাত্রায় ব্যবহার করা হয় এবং যথাক্রমে "শীতল লাইমসোডা পদ্ধতি" ও "উষ্ণ লাইমসোডা পদ্ধতি" নামে চিহ্নিত করা হয়। শীতল পদ্ধতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ কম বলিয়া সাধারণত এই পদ্ধতির সাহায্যে জলকে আংশিক-ভাবে খরতামুক্ত করা হয় কিন্তু উষ্ণ পদ্ধতিতে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি অনেক বেশি হওয়ায় এই পদ্ধতিকে খরজল প্রায় সম্পূর্ণ মৃদুকরণের জন্য ব্যবহার করা হয়। অনেক পৌরসভা শীতল লাইমসোডা পদ্ধতির সাহায্যে পানীয় জলকে আংশিকভাবে

খরতামুক্ত করিয়া সরবরাহ করিয়া থাকে। বয়লার ভরার জলকে অনেক সময় মৃদু-করণের জন্য উক্ত লাইম-সোডা পদ্ধতির সাহায্য গ্রহণ করা হয়।

খরতা পরিমাপের একক: স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয়প্রকার খরতাকেই পি. পি. এম p.p.m. = parts of $CaCO_3$ per million parts of water) এককে অর্থাৎ প্রতি দশ লক্ষ ভাগ জলে উপস্থিত লবণের তুল্যাঙ্ক ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ওজনের হারে প্রকাশ করা হয়। তাই কোনও খরজলে ক্যালসিয়াম বাই কার্বনেট জনিত 100 পি. পি. এম. অস্থায়ী খরতা থাকার অর্থ ঐ জলের দশ লক্ষ গ্রামে অর্থাৎ 1000 লিটারের মধ্যে 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট অর্থাৎ $40+(1+12+3\times16\ \times2=162$ গ্রাম ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট আছে এবং ঐ খরতা দূর করার জন্য $40+(1+16)\times2=74$ গ্রাম ফুটানো চুনের প্রয়োজন।

$$\underset{(40+12+3\times16)}{CaCO_3} \equiv \underset{[40+(1+12+3\times16)\times2]}{Ca(HCO_3)_2} \equiv \underset{[40+(16+1)\times2]}{Ca(OH)_2}$$

অনুরূপভাবে, ক্যালসিয়াম লবণজনিত 100 পি. পি. এম. স্থায়ী খরতা থাকার অর্থ ঐ জলের 1000 লিটারের মধ্যে 111 গ্রাম ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা 136 গ্রাম ক্যালসিয়াম সালফেটের উপস্থিতি এবং ঐ খরতা দূর করার জন্য প্রয়োজন 106 গ্রাম অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট।

$$\underset{(40+12+3\times16)}{CaCO_3} \equiv \underset{(40+35{\cdot}5\times2)}{CaCl_2} \equiv \underset{(40+32+4\times16)}{CaSO_4} \equiv \underset{(23\times2+12+16\times3)}{Na_2CO_3}$$

কিন্তু ম্যাগ্‌নেসিয়াম লবণ ঘটিত অস্থায়ী বা স্থায়ী খরতার ক্ষেত্রে, যেহেতু উক্ত ধাতুর প্রতি অণু বাইকার্বনেট ক্লোরাইড বা সালফেট একটি করিয়া অতিরিক্ত ক্যাল-সিয়াম হাইড্রক্সাইড অণুর সহিত বিক্রিয়া ঘটায়, 1000 লিটার জল হইতে 100 পি. পি. এম ম্যাগ্‌নেসিয়াম বাইকার্বনেট খরতা দূর করার জন্য প্রযোজনীয় ফুটানো চুনের পরিমাণ ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট খরতার তুলনায় দ্বিগুণ অর্থাৎ, $74\times2=148$ গ্রাম। অনুরূপভাবে 100 পি পি. এম. ম্যাগ্‌নেসিয়াম লবণঘটিত স্থায়ী খরতা দূর করার জন্য উপরোক্ত পরিমাণ জলে 106 গ্রাম অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত ফুটানো চুনের পরিমাণ 74 গ্রাম।

জলের মৃদুকরণের আধুনিক পদ্ধতি

আয়ন বিনিময় পদ্ধতি (Ion Exchange Process): আধুনিক কালে খরতা দূরীকরণের জন্য আয়ন বিনিময় পদ্ধতির ব্যাপক প্রচলন হইয়াছে। আয়ন বিনিময় পদ্ধতিতে আয়ন বিনিময়কারীর (Ion exchanger) সাহায্য গ্রহণ করা হয়। আয়ন বিনিময়কারী তিন প্রকারের হইতে পারে।

(i) প্রাকৃতিক (Natural): যেমন, জিওলাইট।

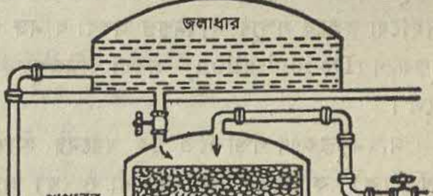
(ii) অর্ধসংশ্লেষিত (Semi-synthetic): যেমন, সালফোনেট করা কয়লার সোডিয়াম লবণ।

(iii) সংশ্লেষিত (Synthetic) : যেমন, ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনের সোডিয়াম লবণ। (সালফোনেট করা পলিস্টাইরিনের সোডিয়াম লবণ ইত্যাদি।)

জিওলাইট আয়ন বিনিময় পদ্ধতি (Zeolite Ion Exchange Process) : জিওলাইট একপ্রকার অনির্দিষ্ট সংকেতের ক্ষারধাতুর সোদক অ্যালুমিনো সিলিকেট জাতীয় আকরিক। ইহার সাধারণ সংকেত R_2O, R'_2O_3, $nSiO_2$, xH_2O [যেখানে $R=Na$ বা K, $R'=Al$ বা Fe, $n=5$ হইতে 13 এবং $x=2$ হইতে 4]। সংশ্লেষিত জিওলাইটের একটি নাম পারমুটিট।

কিন্তু বর্তমানে অনেকে জিওলাইট পদ্ধতিকে অনেক বেশি ব্যাপক অর্থে ব্যবহার করেন। সংশ্লেষিত অথবা প্রাকৃতিক জিওলাইট, বেণ্টোনাইট মৃত্তিকা ইত্যাদি আয়ন বিনিময়কারী ব্যবহৃত হইলে পদ্ধতিকে "অজৈব জিওলাইট পদ্ধতি" এবং সালফোনেট করা কয়লার সোডিয়াম লবণ অথবা ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনের সোডিয়াম লবণ ইত্যাদি ব্যবহৃত হইলে পদ্ধতিকে "কার্বনঘটিত অথবা জৈব জিওলাইট পদ্ধতি" বলিয়া থাকেন। তুলনামূলক বিচারে কার্বনঘটিত অথবা জৈব জিওলাইট অজৈব জিওলাইট অপেক্ষা অনেক বেশি সক্রিয়।

কিন্তু জিওলাইট জৈব অথবা অজৈব যে কোনও জাতীয় হউক না কেন, সর্বদাই ইহার এক একটি অণুতে অনেকগুলি সোডিয়াম অথবা পটাসিয়াম আয়নবাহী সক্রিয় অংশ থাকে। ধরা যাউক, এইরূপ একটিমাত্র সোডিয়াম আয়নবাহী সক্রিয় অংশের সংকেত NaZ, যেখানে Z জিওলাইট খণ্ডাংশের অ্যানায়নকে সূচিত করে। এখন খরজলকে এই জিওলাইটের সংস্পর্শে আনিলে আয়ন বিনিময় বিক্রিয়া শুরু হইবে। জিওলাইটের সোডিয়াম আয়ন খরজলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম অথবা ম্যাগ্‌নেসিয়াম আয়নের সহিত স্থান বিনিময় করিবে। সোডিয়াম আয়ন জলে প্রবেশ করিবে এবং খরজলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম আয়ন জিওলাইটের অ্যানায়ন দ্বারা শোষিত হইবে।



চিত্র 1.18 জিওলাইট পদ্ধতিতে মৃদুকরণ

$$2NaZ + Ca^{++} = CaZ_2 + 2Na^+$$

$$2NaZ + Mg^{++} = MgZ_2 + 2Na^+$$

এই পদ্ধতির সাহায্যে স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয়প্রকার খরতাই দূরীভূত হয়।

$$CaCl_2 + 2NaZ = CaZ_2 + 2NaCl$$
$$MgSO_4 + 2NaZ = MgZ_2 + Na_2SO_4$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2NaZ = CaZ_2 + 2NaHCO_3$$

বাস্তব পদ্ধতিতে একটি চোঙাকৃতি চৌবাচ্চার ভিতর দুইটি নুড়িপাথরের স্তরের মধ্যে জিওলাইটের স্তরটি সংরক্ষিত থাকে। খরজল চৌবাচ্চার উপর দিক হইতে প্রবেশ করিয়া খরতামুক্ত হয় ও নিচের দিক দিয়া বাহিরে আসে (চিত্র 1.18)। দীর্ঘকাল ব্যবহারের পর যখন জিওলাইটের অধিকাংশ সক্রিয় অংশ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম আয়ন দ্বারা পরিপৃক্ত হইয়া যায় তখন সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি গাঢ় দ্রবণকে চৌবাচ্চার ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া আবার জিওলাইটকে পুনরুজ্জীবিত (Regeneration) করা হয়।

$$2NaCl + CaZ_2 = CaCl_2 + 2NaZ$$
$$2NaCl + MgZ_2 = MgCl_2 + 2NaZ$$

এইভাবে পুনরুজ্জীবিত করিয়া জিওলাইটকে বারে বারে ব্যবহার করা চলে।

ii) জলকে আয়নশূন্য অথবা খনিজশূন্য করা (De-ionisation or De-mineralisation of water) : মৃদুকরণ দ্বারা জলকে দ্রবীভূত খনিজ পদার্থ হইতে মুক্ত করা যায় না। খরজলের ক্যালসিয়াম বা ম্যাগ্‌নেসিয়াম আয়ন দূরীভূত হইলেও সোডিয়াম আয়ন আসিয়া উহার স্থান অধিকার করে। যে পদ্ধতির সাহায্যে জলকে সম্পূর্ণ আয়নশূন্য অথবা খনিজ পদার্থশূন্য করা যায় তাহাকে আয়ন-শূন্যকরণ (De-ionisation) অথবা খনিজশূন্যকরণ (De-mineralisation) পদ্ধতি বলে।

আয়নশূন্যকরণ পদ্ধতিতে দুই ধরনের আয়নবিনিময়কারী রেজিনের প্রয়োজন হয়, (ক) ক্যাটায়ন বিনিময়কারী ও (খ) অ্যানায়ন বিনিময়কারী।

ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনগুলি প্রধানত পলিস্টাইরিন অথবা ফেনল ফরম্যাল্‌ডিহাইড জাতীয়, যাহাদের মধ্যে বহুসংখ্যক সালফোনিক ($-SO_3H$) মূলক অথবা কার্বক্সিলিক ($-COOH$] মূলক উপস্থিত থাকে। ফলে রেজিনগুলি জলে অদ্রাব্য বিরাটকায়-অণু অ্যাসিড হিসাবে কাজ করে এবং উহাদের সংস্পর্শে যে কোনও ধাতুর লবণের দ্রবণ আনা হইলে, লবণগুলির ক্যাটায়নের সঙ্গে রেজিনের হাইড্রোজেন আয়নের বিনিময় ঘটে। রেজিনের একটিমাত্র হাইড্রোজেন আয়ন বহনকারী অংশের সংকেত $R\text{-}SO_3H$ ধরিলে উহার সহিত লবণের বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$H\text{-}SO_3R + NaCl = NaSO_3R + HCl\ ;$$
$$2HSO_3R + MgSO_4 = Mg(SO_3R)_2 + H_2SO_4$$
$$2H\text{-}SO_3R + Ca(HCO_3)_2 = Ca(SO_3R)_2 + H_2CO_3$$
$$2HSO_3R + CaCl_2 = Ca(SO_3R)_2 + 2HCl$$ ইত্যাদি।

সুতরাং ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনের সহিত বিক্রিয়ার পর জল হইতে হাইড্রোজেন আয়ন ব্যতীত অন্য সকল প্রকার ক্যাটায়ন দূরীভূত হয়, যদিও মূল লবণগুলির অ্যানায়ন অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়া অটুট অবস্থায় থাকিয়া যায়। এই অবস্থায় জলকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বারা প্রশমিত করিলে মৃদু জল পাওয়া যাইবে। কিন্তু জলকে সম্পূর্ণরূপে আয়নশূন্য করিতে হইলে ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনের সহিত বিক্রিয়ার পর জলকে অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনের সংস্পর্শে আনা প্রয়োজন।

অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনগুলি দুই প্রকার হইতে পারে, মৃদুক্ষারকধর্মী ও তীব্রক্ষারকধর্মী। মৃদুক্ষারকধর্মী অ্যানায়ন বিনিময়কারীরা জলে উপস্থিত কার্বনিক অ্যাসিড অথবা সিলিসিক অ্যাসিডের মত দুর্বল অ্যাসিডগুলি দূরীভূত করিতে পারে না এবং সেইজন্য ইহাদের ব্যবহার তুলনামূলকভাবে কম।

তীব্রক্ষারকধর্মী অ্যানায়ন বিনিময়কারীদের সক্রিয় একক অংশকে R_3-N সঙ্কেতে প্রকাশ করা চলে। উহারা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-)-উৎপন্ন করে।

$$R_3N + H_2O = HNR_3OH \rightleftharpoons [HNR_3]^+ + [OH]^-$$

জলে উপস্থিত লবণের ক্যাটায়ন, ক্যাটায়ন বিনিময়কারীদের সাহায্যে হাইড্রোজেন আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইবার পর, সেই জল যখন অ্যানায়ন বিনিময়কারীদের সংস্পর্শে আসে, তখন লবণের অ্যানায়নগুলিও হাইড্রক্সিল আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$HNR_3OH + HCl = HNR_3Cl + H_2O$$
$$2HNR_3OH + H_2SO_4 = (HNR_3)_2SO_4 + 2H_2O$$
$$2HNR_3OH + H_2CO_3 = (HNR_3)_2CO_3 + 2H_2O$$

এইরূপে জলে উপস্থিত লবণের ক্যাটায়নগুলি হাইড্রোজেন আয়ন এবং অ্যানায়নগুলি হাইড্রক্সিল আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইবার ফলে শেষ পর্যন্ত জল উৎপন্ন হয়। যেহেতু বিশুদ্ধ জল আয়নিত হয়না বলিলেই চলে, তাই এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত খনিজশূন্যকৃত জলকে আয়নশূন্যকৃত জলও বলা হয়।

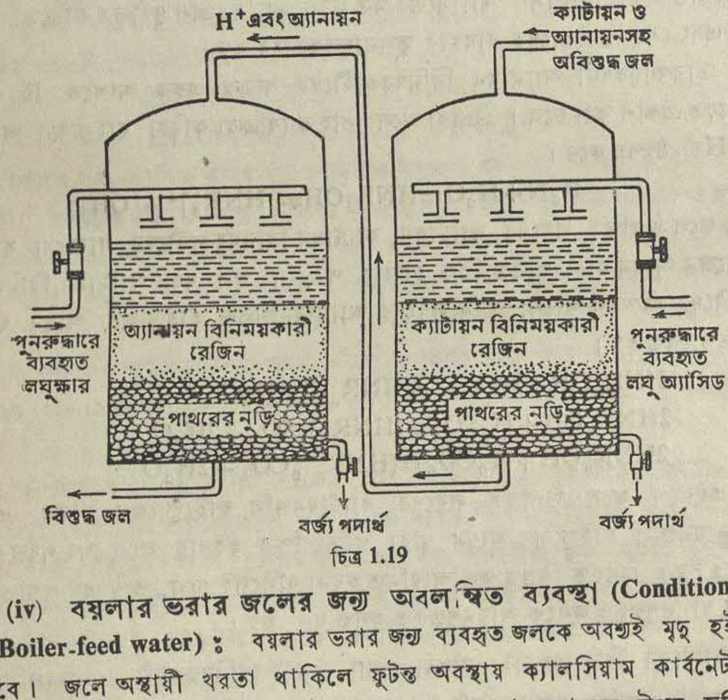
ক্যাটায়ন বিনিময়কারী অথবা অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনগুলিকে জিওলাইট পদ্ধতির মতই একটি চোঙাকৃতি পাত্রের ভিতরে দুইটি নুড়িপাথরের স্তরের মধ্যে স্থাপন করিয়া ব্যবহার করা হয়। জল উপরের দিক দিয়া পাত্রের মধ্যে প্রবেশ করে এবং আয়ন বিনিময়কারী রেজিনের স্তরের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে চোঁয়াইয়া নামিয়া, অবশেষে পাত্রের নীচের অংশ দিয়া বাহির হয়। কিছুকাল ব্যবহারের পর আয়ন বিনিময়কারীদের সক্রিয়তা কমিয়া আসিলে, ক্যাটায়ন বিনিময়কারীকে লঘু সালফিউরিক অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা এবং অ্যানায়ন বিনিময়কারীকে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ দ্বারা পুনরুজ্জীবিত করা হয়।

$$2NaSO_3R + H_2SO_4 = 2HSO_3R + Na_2SO_4$$

$$Mg(SO_3R)_2 + H_2SO_4 = 2HSO_3R + MgSO_4$$
$$HNR_3Cl + NaOH = HNR_3OH + NaCl$$
$$(HNR_3)_2\,CO_3 + 2NaOH = 2HNR_3OH + Na_2CO_3$$

ইত্যাদি।

ক্যাটায়ন বিনিময় এবং অ্যানায়ন বিনিময় বিক্রিয়া সাধারণত ভিন্ন ভিন্ন পাত্রে সম্পন্ন করা হইলেও অনেক সময় উভয় বিক্রিয়াকে একটিমাত্র পাত্রের মধ্যেও নিষ্পন্ন করা হয়। আয়নশূন্যকরণ পদ্ধতির সাহায্যে অনেক কম খরচে পাতিত জলের সমতুল্য বিশুদ্ধ জল পাওয়া যায়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে জল জীবাণুশূন্য হয় না এবং জলে জৈব যৌগ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে তাহাদের পৃথক করাও যায় না।



চিত্র 1.19

(iv) বয়লার ভরার জলের জন্য অবলম্বিত ব্যবস্থা (Conditioning of Boiler-feed water) : বয়লার ভরার জন্য ব্যবহৃত জলকে অবশ্যই মৃদু হইতে হইবে। জলে অস্থায়ী খরতা থাকিলে ফুটন্ত অবস্থায় ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হইয়া বয়লারগাত্রের ধাতবপাতের উপর জমিবে এবং একটি কঠিন আঁশের মত আবরণ সৃষ্টি করিবে। এই আবরণ তাপের কুপরিবাহী বলিয়া ইহার ফলে জল উত্তপ্ত করার জন্য জ্বালানী খরচ বেশি হইবে। অধিকন্তু জলের তাপমাত্রা ও বয়লারের ধাতব তলের তাপমাত্রার মধ্যে ব্যবধান খুব বাড়িয়া যাইবার ফলে, জল কোনরকমে কোন ফাটল দিয়া অধঃক্ষিপ্ত লবণের আবরণ ও বয়লারের ধাতবতলের মধ্যবর্তী স্থানে আসিয়া পড়িলে, সঙ্গে সঙ্গে বাষ্পীভূত হইয়া এমন প্রচণ্ড চাপের সৃষ্টি করিবে যাহাতে বিস্ফোরণও ঘটিতে পারে।

জলে ক্যালসিয়াম সালফেট উপস্থিত থাকিলে, অনতিবিলম্বে স্বল্পদ্রাব্য এই লবণ জলের বাষ্পীভবনের সাথে সাথে জলকে সংপৃক্ত করিয়া তোলে এবং পরে কেলাসিত, হইয়া পৃথক হয়। এই সময়ে, উচ্চ তাপমাত্রায় ইহার দ্রাব্যতা হ্রাস পায় বলিয়া ইহা সর্বাপেক্ষা উষ্ণস্থানে অর্থাৎ ধাতব তলের ঠিক উপরে সঞ্চিত হইতে থাকে। ক্যালসিয়াম সালফেট সৃষ্ট এই আবরণ এমন কঠিন আঁশের আকারে ধাতবগাত্রের তলে আঁটিয়া থাকে যে, উহাকে পৃথক করাই দুঃসাধ্য হইয়া উঠে এবং ইহা অস্থায়ী খরতার জন্য সৃষ্ট পূর্বোল্লেখিত আবরণ অপেক্ষা অনেক বেশি অসুবিধার সৃষ্টি করে।

জলে ম্যাগ্‌নেসিয়াম ক্লোরাইড অথবা ম্যাগ্‌নেসিয়াম সালফেট থাকিলে উহারা (বিশেষ করিয়া ম্যাগ্‌নেসিয়াম ক্লোরাইড) উচ্চ তাপমাত্রায় ও চাপে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, যাহাদের বয়লারের ধাতব পাতের ক্ষয়সাধন করিয়া দুর্ঘটনা ঘটাইবার ক্ষমতা আছে।

উপরোক্ত কারণগুলির জন্য বয়লার ভরার জল হইতে স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় প্রকার খরতাকেই যতদূর সম্ভব নির্মূল করা প্রয়োজন। সাধারণত উষ্ণ লাইম-সোডা পদ্ধতির সাহায্যে বয়লার ভরার জলকে মৃদু করা হয়। কিন্তু ঐ পদ্ধতিতে জল সম্পূর্ণ খরতাশূন্য হয় না। তাই লাইমসোডা পদ্ধতির সাহায্যে মৃদুকরণের পর সাধারণত ঐ জলকে ফসফেটের সাহায্যে ব্যবহারের উপযুক্ত করা হয়।

ফস্‌ফেটের সাহায্যে উপযুক্তকরণ (Phosphate Conditioning) : অনেক সময় জলে মনোসোডিয়াম, ডাইসোডিয়াম অথবা ট্রাইসোডিয়াম ফসফেট যোগ করিয়া খরতা উৎপন্নকারী ধাতুমূলকগুলিকে অদ্রাব্য ফস্‌ফেট হিসাবে কর্দমের আকারে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। এই ধরনের অধঃক্ষিপ্ত ফসফেট কর্দম ধাতবতলের উপর তাপ পরিবহণে বাধা সৃষ্টিকারী কঠিন আবরণের সৃষ্টি করে না এবং সহজেই অপসারিত হয়। আবার অনেক সময়ে আংশিক খরতামুক্ত বয়লার ভরার জলে সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট $[NaPO_3]_6$ বা 'ক্যালগন' (Calgon) যোগ করা হয়। সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট খরতা উৎপন্নকারী ক্যালসিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম বা ফেরাস ধাতুমূলকগুলিকে অধঃক্ষিপ্ত করিবার পরিবর্তে জলে দ্রবণীয় জটিল লবণে রূপান্তরিত করে এবং বয়লারের ধাতবগাত্রে আঁশ জাতীয় আবরণ সৃষ্টির সম্ভাবনা নিবারিত হয়।

সিলিকা বিতাড়ন : উৎস হিসাবে ব্যবহৃত জলে দ্রবীভূত অবস্থায় উপস্থিত থাকার জন্যই হউক অথবা বালির স্তরের মধ্য দিয়া ক্ষারীয় জলকে পরিস্রুত করার ফলেই হউক, বয়লার ভরার জলে অনেক সময় সিলিকা অথবা সিলিসিক অ্যাসিডের যৌগ দ্রবীভূত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়। জিওলাইট পদ্ধতিতে ইহাদের দূরীভূত করা যায় না এবং লাইমসোডা পদ্ধতিতেও ইহাদের অংশমাত্র দূরীভূত হয়। অথচ ইহাদের উপস্থিতির ফলেও বয়লারের ধাতব গাত্রে অত্যন্ত দৃঢ়সংলগ্ন আঁশ-জাতীয় আবরণের সৃষ্টি হয় বলিয়া, সাধারণভাবে বয়লার ভরার জলে এবং বিশেষ-ভাবে উচ্চচাপসৃষ্টিকারী "ওয়াটার টিউব বয়লারের" ক্ষেত্রে ইহাদের উপস্থিতি

খুবই আপত্তিকর। ইহাদের দূরীভূত করার জন্য অনেক সময় সক্রিয় ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড অথবা অধঃক্ষিপ্ত ফেরিক হাইড্রক্সাইডের সাহায্য গ্রহণ করা হয়। তবে সিলিকা দূরীকরণের জন্য সাধারণত লাইমসোডা পদ্ধতিতে জলের খরতা আংশিক ভাবে দূর করিয়া, আয়নশূন্যকরণ পদ্ধতির সাহায্য গ্রহণ করা হয় এবং এই আয়নশূন্যকরণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন-ক্যাটায়ন বিনিময়ের পর অ্যানায়ন বিনিময়ের সময়ে তীব্র-ক্ষারধর্মী অ্যানায়ন বিনিময়কারী ব্যবহার করিতে হয়।

জলের ব্যবহার : জলের অপর নাম জীবন। গৃহস্থালীতে ও শিল্পে জলই সর্বাপেক্ষা অধিক ব্যবহৃত যৌগ। লণ্ড্রীতে ধোলাই করার জন্য মৃদু জলের প্রয়োজন। বস্ত্রশিল্পে, কাগজশিল্পে এবং কাপড় ছাপাইবার কাজেও ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়াম লবণ অধঃক্ষিপ্ত হইয়া অসুবিধা সৃষ্টি করে বলিয়া মৃদু জল ব্যবহার করা হয়। অনেক পৌরসভা সরবরাহের পূর্বে জলকে আংশিকভাবে খরতামুক্ত করে। তবে জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত লবণ স্বাস্থ্যের পক্ষে উপকারী।

তড়িৎ বিশ্লেষণের জন্য, তড়িৎকোষে, ফটোগ্রাফির কাজে, ঔষধ নির্মাণে ও পরীক্ষাগারে বিকারক প্রস্তুতির জন্য আয়নশূন্যকৃত জলের প্রয়োজন হয়।

বয়লার ভরার জলকে মৃদু করিয়া এবং ক্ষেত্রবিশেষে আয়নশূন্য করিয়া ব্যবহার করা হয়।

পানীয় জল সম্পূর্ণ জীবাণুশূন্য এবং অদ্রবণীয় অশুদ্ধি হইতে মুক্ত হওয়া প্রয়োজন।

রাসায়নিকভাবে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুতি :

সাধারণভাবে পাতিত জলের মধ্যেও সামান্য অশুদ্ধি থাকিতে পারে। এই সামান্য অশুদ্ধি দূর করিয়া অতি বিশুদ্ধ জল পাইতে হইলে, ফুটন্ত অবস্থায় পাতিত জলের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা প্রয়োজন। পাতনের সময় জলে উপস্থিত জৈব পদার্থ বিয়োজিত হইয়া যদি অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করিয়া থাকে, তাহা হইলে পাতিত জলের মধ্যে উপস্থিত সেই অ্যামোনিয়া গ্যাস ইহার ফলে জারিত হইয়া নাইট্রোজেন নির্গত করিবে। অতঃপর অতিরিক্ত ক্লোরিনকে ফুটাইয়া বাহির করিয়া দেওয়ার পর অবশিষ্ট জলে বিশুদ্ধ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও কস্টিক পটাস যোগ করিয়া প্রথমে ফুটাইতে এবং পরে পাতিত করিতে হইবে। পাতনকালে নির্গত জলীয় বাষ্পকে শীতল করিবার জন্য রৌপ্য বা টিন নির্মিত শীতক ব্যবহার করিলে এবং পাতিত জলের প্রথমাংশ ও শেষাংশ বাদ দিয়া শুধুমাত্র মধ্যমাংশ সংগ্রহ করিলে অতিবিশুদ্ধ জল পাওয়া যাইবে।

জলের বিশুদ্ধি পরীক্ষা : বিশুদ্ধ জলকে অবশ্যই বর্ণহীন, স্বাদহীন ও গন্ধহীন হইতে হইবে। প্রমাণ চাপে অবশ্যই ইহার স্ফুটনাঙ্ক 100° সেন্টিগ্রেড ও গলনাঙ্ক 0° সেন্টিগ্রেড হইবে। ইহাকে বাষ্পীভূত করিলে কোন অবশিষ্ট পড়িয়া থাকিবে না এবং ইহা সম্পূর্ণ প্রশম অবস্থায় থাকিবে। বিশুদ্ধ জল অবশ্যই নিম্নলিখিত বিকারকগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া কোন অধঃক্ষেপ অথবা দৃশ্যমান বর্ণ উৎপন্ন করিবে না।

(i) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (ক্লোরাইড আয়নের উপস্থিতির জন্য)
(ii) বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ (সালফেট আয়নের উপস্থিতির জন্য)
(iii) নেসলরের দ্রবণ (অ্যামোনিয়ার উপস্থিতির জন্য)
(iv) চুনের জল : (কার্বন ডাই-অক্সাইড, বাইকার্বনেট, সালফার ডাই-অক্সাইড, বাইসালফাইট ইত্যাদির জন্য)

জলের ধর্ম : বিশুদ্ধ অবস্থায় জল সম্পূর্ণ স্বচ্ছ, গন্ধহীন, স্বাদহীন। প্রমাণ চাপে ইহার স্ফুটনাঙ্ক 100° সেন্টিগ্রেড ও গলনাঙ্ক 0° সেন্টিগ্রেড। পাতলা স্তরে ইহার কোনও বর্ণ না থাকিলেও গভীরতা অধিক হইলে ইহাকে সামান্য নীলাভ সবুজ দেখায়। 4° সেন্টিগ্রেডে জলের ঘনত্ব সর্বাধিক। বরফের ঘনত্ব তরল জল অপেক্ষা কম।

পর্যায় সারণীতে কোনও বিশিষ্ট শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলিকে তুলনা করিলে দেখা যায় যে, পারমাণবিক গুরুত্ব বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে উহাদের হাইড্রাইডদের স্ফুটনাঙ্ক বাড়িয়া যাওয়াই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু অক্সিজেনের হাইড্রাইড জলের, সালফারের হাইড্রাইড হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) অপেক্ষা স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশি, যদিও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব সালফার অপেক্ষা কম। জলের এই অস্বাভাবিক ধর্মের কারণ এই যে, জলের অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধন (Hydrogen Bond) দ্বারা জোটবদ্ধ (Associated) অবস্থায় থাকে।

জলের অণুগুলি এইরূপ জোটবদ্ধ থাকে বলিয়া, অস্বাভাবিক উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক ছাড়াও জলের বিভিন্ন ভৌতধর্মের মধ্যে নানারূপ অস্বাভাবিকতা পরিলক্ষিত হয়। অতি উচ্চমাত্রার সারফেস টেনসান, ডাই-ইলেক্ট্রিক ধ্রুবক, আয়নিত করার ক্ষমতা, চাপবৃদ্ধির সহিত সঙ্কোচন ক্ষমতা ও সান্দ্রতার (viscosity) হ্রাস, 30° সেন্টিগ্রেডে সর্বনিম্ন আপেক্ষিক তাপ অথবা লীন তাপের পরিমাণের আধিক্য ইত্যাদি জলের ভৌতধর্মের বৈশিষ্ট্যগুলি অণুর জোটবদ্ধতার ফলেই সৃষ্ট হইয়াছে বলিয়া মনে করা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম :

1. জলের বিয়োজন : জল খুব স্থায়ী যৌগ কিন্তু 1000° সেন্টিগ্রেডেরও উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা স্বল্প পরিমাণে বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরিণত হয়। $2H_2O=2H_2+O_2$

অবশ্য জলে সামান্য ক্ষার অথবা অ্যাসিড দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে উহাকে সহজেই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিয়োজিত করা যায়। এ সম্পর্কে পূর্বেই বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

2. ধাতুর সহিত বিক্রিয়া : হাইড্রোজেন প্রস্তুতির আলোচনাকালে এ বিষয়েও বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে। তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে উচ্চতম স্থানাধিকারী ধাতুগুলি : K, Ca, Na ইত্যাদি সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত; মধ্য স্থানাধিকারী ধাতুগুলি : Mg, Al, Zn ইত্যাদি (গুঁড়া অথবা

সক্রিয়রূপে) ফুটন্ত জলের সহিত এবং হাইড্রোজেনের ঊর্ধ্বে সর্বনিম্ন স্থানাধিকারী ধাতুগুলি : Fe, Pb ইত্যাদি উত্তপ্ত অবস্থায় স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং নিজেরা জারিত হইয়া তরল জলের ক্ষেত্রে হাইড্রক্সাইডে এবং স্টীমের ক্ষেত্রে অক্সাইডে পরিণত হয়।

3. ধাতব অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া : ক্ষার এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা জাতীয় ধাতুগুলির অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। এই হাইড্রক্সাইডগুলি ক্ষারক এবং ইহারা লাল লিটমাসকে নীল করে $Na_2O + H_2O = 2NaOH$; $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ । শেষোক্ত বিক্রিয়ায় পাথুরে চুন হিস্ হিস্ শব্দসহ প্রচুর উত্তাপ নির্গত করিয়া ফোটানো চুন (slaked lime) উৎপন্ন করে। সোডিয়াম পার-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

4. অধাতুর সহিত বিক্রিয়া : জল বহু অধাতুর সহিতও বিক্রিয়া করে। শ্বেততপ্ত কোকচূর্ণের স্তরের ভিতর দিয়া স্টীম চালিত করিয়া 'ওয়াটার গ্যাস' শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$C + H_2O = CO + H_2 \; ; \; C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$$

উপরি-উক্ত তাপশোষক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডসহ প্রধানত কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে 'ওয়াটার গ্যাস' বলে। ইহাকে জ্বালানি রূপে, হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদনে এবং ফিশার-ট্রপ্‌শ পদ্ধতিতে কৃত্রিম পেট্রোলিয়াম প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা হয়। বিক্রিয়াটি তাপশোষক বলিয়া আরম্ভ হইবার সঙ্গে কোকস্তরের উষ্ণতা কমিতে থাকে। তাপমাত্রা 1000° সেন্টিগ্রেড অপেক্ষা কম হইয়া গেলে কোকস্তরের মধ্য দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিয়া আবার উহার তাপমাত্রা 1400° সেন্টিগ্রেডে তোলা হয়।

অনুরূপভাবে সিলিকনকে উজ্জ্বল লোহিততপ্ত অবস্থায় রাখিয়া উহার উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে সিলিকন, সিলিকন ডাই-অক্সাইড বা সিলিকাতে জারিত হইবে এবং স্টীম বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে।

$$Si + 2H_2O = SiO_2 \text{ (সিলিকা)} + 2H_2$$

ক্লোরিনজলে সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উপস্থিত থাকে। $Cl_2 + H_2O = HCl$ (হাইড্রোক্লেরিক অ্যাসিড) $+ HOCl$ (হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড)। কিন্তু প্রখর সূর্যালোকে রাখিলে ক্লোরিন-জলে উপস্থিত ক্লোরিন, জলের সহিত বিক্রিয়া অক্সিজেনকে মুক্ত করে।

$$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$$

ভিজা বাতাসের সংস্পর্শে ক্লোরিন ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। বাতাসে উপস্থিত জলীয় বাষ্প ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেনসহ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে বলিয়াই এরূপ হয়।

$2F_2 + 2H_2O = O_2 + 4HF$ (হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড)

জলের সহিত ফ্লোরিনের বিক্রিয়াকালে পার্শ্ববিক্রিয়া হিসাবে সামান্য ওজোন অথবা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডও উৎপন্ন হইতে পারে।

$2H_2O + F_2 = 2HF + H_2O_2$ (হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড)

5. অধাতব অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া ঃ অধাতব অক্সাইড জলের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের (P_2O_5 বা P_4O_{10}) জলের প্রতি আসক্তি খুব প্রবল। আর্দ্র বায়ুতে ইহা জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া মেটাফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$ (মেটাফসফোরিক অ্যাসিড)। ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডকে জলে ফেলিলে উহা তৎক্ষণাৎ হিস্ হিস্ আওয়াজসহ জলের সহিত যুক্ত হইয়া মেটাফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে কিন্তু উৎপন্ন মেটাফসফোরিক অ্যাসিড অতঃপর অতিরিক্ত জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে পাইরোফসফোরিক ও পরে অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $2HPO_3 + H_2O = H_4P_2O_7$ (পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড), $H_4P_2O_7 + H_2O = 2H_3PO_4$ (অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড)।

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3 বা P_4O_6) শীতল জলে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া ফসফরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$ (ফসফরাস অ্যাসিড)

কিন্তু উষ্ণ জলের সহিত ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করিয়া ফসফিন গ্যাস ও ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2P_2O_3 + 6H_2O = \underset{\text{ফসফিন}}{PH_3} + 3H_3PO_4$$

অনুরূপভাবে জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডে, নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড নাইট্রাস অ্যাসিডে, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের মিশ্রণে, সালফার ট্রাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে, সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরাস অ্যাসিডে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

N_2O_5 (নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড) $+ H_2O = 2HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড)

N_2O_3 (নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড) $+ H_2O = 2HNO_2$ (নাইট্রাস অ্যাসিড)

$2NO_2$ (নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড) $+ H_2O = HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড) $+ HNO_2$ (নাইট্রাস অ্যাসিড)

SO_3 (সালফার ট্রাই-অক্সাইড) $+ H_2O = H_2SO_4$ (সালফিউরিক অ্যাসিড)

SO_2 (সালফার ডাই-অক্সাইড) $+ H_2O = H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

CO_2 (কার্বন ডাই-অক্সাইড) $+ H_2O = H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড)

তবে উপরি-উক্ত অ্যাসিডগুলির মধ্যে কার্বনিক অ্যাসিড সালফিউরাস অ্যাসিড

এবং নাইট্রাস অ্যাসিড স্থায়িত্ব যৌগ নহে এবং উহাদের দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া অক্সাইডগুলিকে গ্যাসের আকারে নির্গত করে।

6. অন্যান্য বিক্রিয়া : জল ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডকে বিয়োজিত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক ও ফসফরাস অ্যাসিডে পরিণত করে।

PCl_5 (ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড) $+ 4H_2O = H_3PO_4 + 5HCl$

PCl_3 (ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড) $+ 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$

অনুরূপভাবে অনেক ধাতব হাইড্রাইড, কার্বাইড ও নাইট্রাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় বিয়োজিত হইয়া নিজ নিজ হাইড্রক্সাইডের সহিত যথাক্রমে হাইড্রোজেন, হাইড্রোকার্বন ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

NaH (সোডিয়াম হাইড্রোইড) $+ H_2O = NaOH + H_2$

CaH_2 (ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড) $+ 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$

CaC_2 (ক্যালসিয়াম কার্বাইড $+ 2H_2O = Ca\ OH)_2 + C_2H_2$
(অ্যাসিটিলিন)

Al_4C_3 (অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড) $+ 12H_2O = 4Al(OH)_3 + 3CH_4$
(মিথেন)

Mg_3N_2 (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড) $+ 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$
(অ্যামোনিয়া)

AlN (অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড) $+ 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$
(অ্যামোনিয়া)

7. আর্দ্রবিশ্লেষণ বিক্রিয়া : কোনও অ্যাসিড ও ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন হইলে যদি বিক্রিয়ক অ্যাসিড অথবা ক্ষারকের কোনও একটি অথবা উভয়ই দুর্বল হয়, তাহা হইলে সেই লবণটি লঘু জলীয় দ্রবণে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মূল অ্যাসিড ও ক্ষারকটিকে পুনরুৎপন্ন করে। এই শেষোক্ত বিক্রিয়াকে আর্দ্রবিশ্লেষণ বলে। পূর্বোল্লিখিত উদাহরণগুলির ক্ষেত্রেও বিক্রিয়ক যৌগগুলি জলের সহিত বিক্রিয়ায় বিয়োজিত হইয়াছে বলিয়া সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াগুলিকে বৃহত্তর অর্থে 'আর্দ্রবিশ্লেষণ বিক্রিয়া' আখ্যা দেওয়া হয়।

আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে সোডিয়াম কার্বনেট লবণজাতীয় যৌগ হওয়া সত্ত্বেও উহার দ্রবণে হাইড্রোক্সিল আয়নের উপস্থিতির প্রমাণ পাওয়া যায়।

$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$$
$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ করে, অ্যালুমিনিয়াম সালফেট অথবা বিসমাথ ক্লোরাইড দ্রবণ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

NH_4Cl (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) $+ H_2O = NH_4OH + HCl$

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2SO_4$
অ্যালুমিনিয়াম সালফেট — অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড

$$\underset{\text{বিসমাথ ক্লোরাইড}}{BiCl_3} + H_2O = \underset{\text{বিসমাথ অক্সিক্লোরাইড}}{BiOCl} \downarrow + 2HCl$$

কার্বনিক অ্যাসিড দুর্বল অ্যাসিড বলিয়া এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অথবা বিসমাথ হাইড্রক্সাইড দুর্বল ক্ষারক বলিয়াই উপরি-উক্ত আর্দ্রবিশ্লেষণ বিক্রিয়াগুলি ঘটে। অবশ্য বিসমাথ অক্সিক্লোরাইড অদ্রাব্য বলিয়া উহা আর্দ্রবিশ্লেষণ সম্পূর্ণ হইবার পূর্বেই পৃথক হইয়া যায়।

8. **কেলাস-জল :** অনেক যৌগের অণু কেলাস গঠনের সময়ে নির্দিষ্ট সংখ্যক জলের অণু গ্রহণ করে। যেমন, $CuSO_4, 5H_2O$; $ZnSO_4, 7H_2O$; $MgCl_2, 6H_2O$ ইত্যাদি। এই জলের অণুগুলি বিতাড়িত হইলে কেলাসের নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকৃতি ও বর্ণ বিনষ্ট হয়। এজন্য অনেকে মনে করেন যে, এই প্রকার কেলাস গঠনের সময়ে জল যৌগটির সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া যুত-যৌগ উৎপন্ন করে।

$$CuSO_4 + 5H_2O = CuSO_4, 5H_2O$$

$$MgCl_2 + 6H_2O = MgCl_2, 6H_2O \text{ ইত্যাদি}$$

জলের সংযুতি (Composition of water)

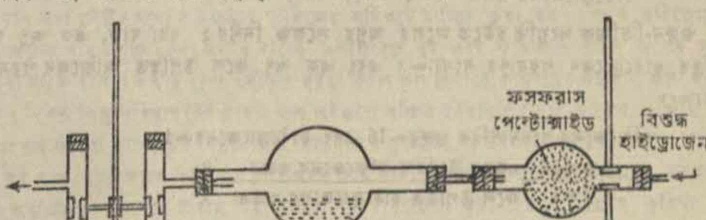
জলের মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যে-ওজনের অনুপাতে এবং যে-আয়তনের অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া আছে তাহা বিভিন্ন পরীক্ষাদ্বারা সঠিকভাবে নির্ণয় করা হইয়াছে।

(i) জলের ওজনমাত্রিক সংযুতি (Gravimetric Composition of water)

(ক) ডুমাসের পদ্ধতি : কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসের স্রোতধারায় উত্তপ্ত করিলে উহা বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয় এবং জল উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{কপার অক্সাইড}}{CuO} + \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{H_2} = \underset{\text{কপার}}{Cu} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়া অবলম্বন করিয়া 1843 খ্রীস্টাব্দে ডুমাস জলের ওজনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করেন। এই পদ্ধতিতে একটি উলফ্-বোতলে জিঙ্ক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়



চিত্র 1.20 জলের ওজনভিত্তিক সংযুতি

হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিয়া সেই গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে লেডনাইট্রেট দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া বিশুদ্ধ ও

শুষ্ক করা হয়। অতঃপর এই অশুদ্ধিমুক্ত হাইড্রোজেনকে একটি ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইডপূর্ণ বাল্বের সাহায্যে সম্পূর্ণ জলীয় বাষ্পশূন্য করিয়া একটি দুই মুখখোলা দৃঢ় কাচ বাল্বের এক প্রান্তে প্রবেশ করানো হয়। বাল্বটির মধ্যে কিছু বিশুদ্ধ কপার অক্সাইডচূর্ণ লইয়া পরীক্ষারম্ভের পূর্বে নলসহ উহার ওজন নির্ণয় করিয়া রাখা হয়। অতঃপর প্রথমে কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস চালিত করিয়া ভিতরকার বায়ু অপসারণ করিবার পর বাল্বটিকে উহার মুক্তপ্রান্তে একটি পূর্বনির্ণীত ওজনের অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নল সংযুক্ত করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোজেন কপার অক্সাইডকে ধাতব কপারে বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হইয়া যে-জল উৎপন্ন করে তাহা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। বেশ কিছুক্ষণ বিক্রিয়া হইবার পর হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া কপার অক্সাইড-কপারবাহী বাল্বটিকে শীতল করা হয় এবং বিজারিত কপার অক্সাইড ও শোষিত জলসমেত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের ওজন নির্ণয় করিয়া নিম্নলিখিত উপায়ে জলের ওজনভিত্তিক সংযুতি নির্ধারণ করা হয় (চিত্র 1.20)।

গণনা ঃ ধরা যাক, দুইমুখ খোলা বাল্ব ও কপার অক্সাইডের প্রারম্ভিক ওজন $=W_1$ গ্রাম
দুইমুখ খোলা বাল্ব ও উৎপন্ন কপারসহ কপার অক্সাইডের পরীক্ষান্তিক ওজন $=W_2$ গ্রাম
অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের প্রারম্ভিক ওজন $=W_3$ গ্রাম
শোষিত জলসহ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের পরীক্ষান্তিক ওজন $=W_4$ গ্রাম

$\therefore$ অতএব হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন
= কপার অক্সাইড হইতে অপসারিত অক্সিজেনের ওজন $=(W_1-W_2)$ গ্রাম

আবার উৎপাদিত জলের ওজন
= ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-কর্তৃক শোষিত জলের ওজন $=(W_4-W_3)$ গ্রাম

$\therefore$ (W_4-W_3) গ্রাম জল উৎপন্নকারী হাইড্রোজেনের ওজন
= উৎপাদিত জলের ওজন − ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন
$=\{(W_4-W_3)-(W_1-W_2)\}$ গ্রাম

$\therefore$ (W_1-W_2) গ্রাম অক্সিজেন $\{(W_4-W_3)-(W_1-W_2)$ গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া (W_4-W_3) গ্রাম জল উৎপন্ন করিয়াছে।

খুব সাবধানে উপরি-উক্ত পরীক্ষা সম্পন্ন করিলে সর্বদাই দেখা যায় যে,

$$\frac{\text{অক্সিজেনের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}=\frac{(W_1-W_2)}{(W_4-W_3)-(W_1-W_2)}=\frac{7{\cdot}98}{1}\approx\frac{8}{1}$$

ওজন-ভিত্তিক সংযুতি হইতে জলের অণুর সঙ্কেত নির্ণয় ঃ ধরা যাক, এক অণু জলে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা $=x$ এবং এক অণু জলে উপস্থিত অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $=y$

$\because$ অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব $=16$ এবং হাইড্রোজেনের $=1$

$$\therefore \frac{x\times16}{y\times1}=\frac{\text{জলে উপস্থিত অক্সিজেনের ওজন}}{\text{জলে উপস্থিত হাইড্রোজেনের ওজন}}=\frac{8}{1}$$

$\therefore \frac{x}{y}=\frac{1}{2}$ অর্থাৎ, জলের স্থূল সঙ্কেত H_2O

ধরা যাক, জলের আণবিক সঙ্কেত $(H_2O)_n$

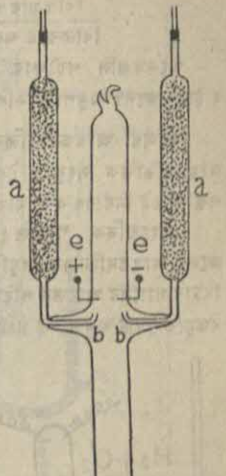
এখন জলীয় বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ধারণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে, উহার মান 9 ;
অর্থাৎ জলের আণবিক গুরুত্ব 18

$\therefore (2\times1+16)n=18 \quad \therefore n(18)=18 \quad \therefore n=1$

$\therefore$ জলের আণবিক সঙ্কেত H_2O

(খ) মর্লে'র পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনকে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে জলে পরিণত করিয়া জলের ওজনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়

করা হয়। পরীক্ষায় ব্যবহৃত বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতির জন্য সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয় এবং ঐ উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে পর্যায়ক্রমে কঠিন কস্টিক পটাস, উত্তপ্ত কপার এবং ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া অশুদ্ধিমুক্ত ও শুষ্ক করা হয়। অত:পর অশুদ্ধিমুক্ত হাইড্রোজেনকে একটি কাচনলে রক্ষিত প্যালাডিয়াম ধাতু দ্বারা (মর্লের প্যালাডিয়াম নল) শোষিত করিয়া অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন সমেত প্যালাডিয়ামবাহী নলটির ওজন নির্ণয় করা হয়। পরীক্ষাকালে 'মর্লের প্যালাডিয়াম নলটিকে' তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অতি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং পরীক্ষাশেষে নলটিকে পুনরায় ওজন করিলে বিক্রিয়াকালে ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের ওজনের হিসাব পাওয়া যায়। পরীক্ষাকার্যে ব্যবহৃত অক্সিজেন অবিশুদ্ধ পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে প্রস্তুত করা হয় এবং পর্যায়ক্রমে কঠিন কস্টিক পটাস, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইড দ্বারা অশুদ্ধিমুক্ত ও শুষ্ক করিয়া একটি প্রকাণ্ড কাচ গোলকের মধ্যে সংগ্রহ করা হয়। পরীক্ষাকালে পাম্পের সাহায্যে কাচ-গোলক হইতে অক্সিজেন বাহির করিয়া ব্যবহার করা হয় এবং পরীক্ষারম্ভের পূর্বে ও পরে কাচ-গোলকটির নির্ণীত ওজন হইতে ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজনের হিসাব পাওয়া যায়।



চিত্র 1.21 মর্লের পরীক্ষা

পরীক্ষাকালে মর্লে দুইদিকে দুইটি ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইড-পূর্ণ বাল্‌ব (a, a) সংযুক্ত একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত নলাকৃতি কাচযন্ত্র (চিত্র 1.21) ব্যবহার করেন। নল দুইটির শেষপ্রান্তে আছে দুইটি জেট (b, b)। ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইডপূর্ণ বালব দুটির কাচযন্ত্র-সংলগ্ন প্রবেশমুখের খুব কাছে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টির জন্য দুইটি প্লাটিনাম তার (e, e) অনুপ্রবিষ্ট থাকে এবং বাল্‌ব দুইটির অপর প্রান্ত স্টপকক সংযুক্ত করিয়া রাখা হয়। পরীক্ষারম্ভের পূর্বে বাল্‌ব সংযুক্ত কাচযন্ত্রকে বায়ুশূন্য করিয়াওজন করা হয় এবং তারপর ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইডপূর্ণ বাল্‌ব দুইটির মধ্য দিয়া যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস আনুমানিক 2 : 1 আয়তনিক অনুপাতে কাচযন্ত্রের ভিতরে প্লাটিনাম তার দুইটির মধ্যে সৃষ্ট তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সন্নিকটে চালিত করা হয়। ফলে হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জলীয় বাষ্পে রূপান্তরিত হয় এবং কাচযন্ত্রটি শীতল জলের মধ্যে ডুবানো থাকে বলিয়া জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তরল জল হিসাবে কাচযন্ত্রের নীচে সঞ্চিত হইতে থাকে। বেশ কিছু পরিমাণ (34 গ্রাম) জল এইরূপে সঞ্চিত হইবার পর হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন চালনা বন্ধ করিয়া কাচযন্ত্রটির নিম্নভাগকে হিমমিশ্রণে ডুবাইয়া ভিতরকার জলকে বরফে পরিণত করা হয় এবং যেটুকু গ্যাস বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে নাই, তাহাকে পাম্পের সাহায্যে ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইডপূর্ণ বাল্‌বের মাধ্যম দিয়া বাহির করিয়া বিশ্লেষণ করা হয়। বিশ্লেষণ করিয়া এই অবশিষ্ট গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যে-যে-পরিমাণ উপস্থিতি নির্ণীত হয় সেই পরিমাণগুলিকে সংশ্লিষ্ট গ্যাসের ব্যয়িত পরিমাণ হইতে বিয়োগ করিলে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসের আসল পরিমাণ পাওয়া যায়। পরিশেষে অবশিষ্ট গ্যাসকে পাম্পের সাহায্যে বিতাড়িত করিবার পর কাচযন্ত্রটির ওজন লইয়া নিম্নলিখিতরূপে গণনার সাহায্যে জলের ওজনভিত্তিক সংযুতি নির্ধারণ করা হয় :

ধরা যাক, কাচযন্ত্রে চালিত হাইড্রোজেনের ওজন $= W_1$ গ্রাম

কাচযন্ত্রে চালিত অক্সিজেনের ওজন $= W_2$ গ্রাম

বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট গ্যাসের মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেনের ওজন $= W_3$ গ্রাম

বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট গ্যাসের মধ্যে উপস্থিত অক্সিজেনের ওজন $= W_4$ গ্রাম
এবং উৎপন্ন জলের ওজন $= W_6$ গ্রাম

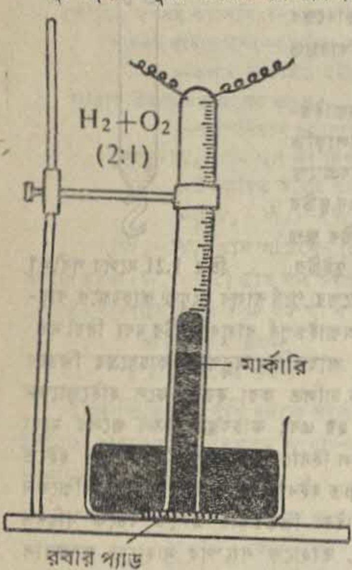
∴ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী হাইড্রোজেনের ওজন $= (W_1 - W_3)$ গ্রাম
এবং বিক্রিয়ার অংশগ্রহণকারী অক্সিজেনের ওজন $= (W_2 - W_4)$ গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অক্সিজেনের ওজন}}{\text{বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{W_2 - W_4}{W_1 - W_3}$$

অনেকগুলি পরীক্ষার সাহায্যে মর্লে প্রমাণ করেন যে, জল উৎপন্নকারী অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত নির্দিষ্ট এবং উহার মান 8 : 1·00768 অর্থাৎ প্রায় 8 : 1।

জলের আয়তনমাত্রিক সংযুতি (Volumetric composition of water) : জলের আয়তনভিত্তিক সংযুতি বৈশ্লেষিক (analytical) এবং সাংশ্লেষিক (synthetic) এই উভয় পদ্ধতিতেই নির্ধারণ করা যায়।

সাংশ্লেষিক পদ্ধতি : ইউডিয়োমিটারের (Eudiometer) সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া জলের আয়তনভিত্তিক সংযুতি নির্ণয় করেন সর্বপ্রথম ক্যাভেণ্ডিস 1781 খ্রীস্টাব্দে। ইউডিয়োমিটার গ্যাসের আয়তন পরিমাপ করার একটি অংশাঙ্কিত নলাকৃতি যন্ত্র। একটি একমুখবদ্ধ এবং বদ্ধমুখে দুইটি অনুপ্রবিষ্ট প্লাটিনাম তার সংযুক্ত ইউডিয়োমিটার নলকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক মারকারি দ্বারা পূর্ণ করিয়া একটি মারকারিপূর্ণ পাত্রের উপর উপুড় করিয়া রাখা হয় এবং মারকারির নিম্নাপসরণের সাহায্যে 2 : 1 আয়তনের অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা আংশিক ভাবে পূর্ণ করা হয়। ইহার পর ইউডিয়োমিটার নলের খোলা মুখটিকে মারকারিবাহী পাত্রের তলদেশে সংরক্ষিত রবার প্যাডের উপর চাপিয়া ধরিয়া বন্ধ করা হয় এবং প্লাটিনাম তার দুইটিকে একটি আবেশ কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিয়া নলের মধ্যে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়। হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত বিস্ফোরণসহ যুক্ত হইয়া জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে এবং শীতল হইবার পর দেখা যায় যে, নলের ভিতরের দেয়ালে বিন্দু বিন্দু জল জমিয়াছে। এবার ইউডিয়োমিটারের খোলামুখটিকে রবার প্যাডের উপরে একটু তুলিলে, মারকারি নলটির মধ্যে প্রবেশ করিয়া উহাকে সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ করিয়া ফেলে। সুতরাং প্রমাণিত হয় যে, নলের মধ্যে আর কোন গ্যাস অবশিষ্ট নাই এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিয়া জল উৎপন্ন করে।



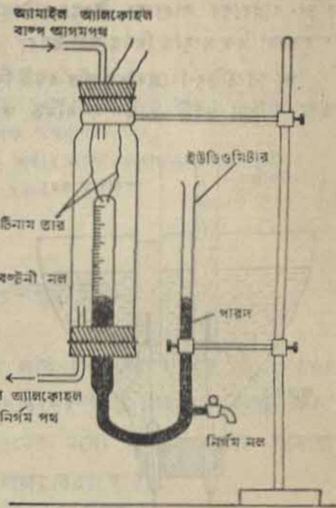
চিত্র 1.22 ইউডিয়োমিটার

ক্যাভেণ্ডিসকৃত এই পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়াজাত জলীয় বাষ্পের আয়তন নির্ণয় করা সম্ভব হয় নাই, কেননা বিক্রিয়াজাত জলীয় বাষ্প শীতল হইয়া নগণ্য আয়তনবিশিষ্ট তরল জলে রূপান্তরিত হইয়াছিল। হফ্‌ম্যানের পরীক্ষায় এই বিক্রিয়াজাত জলীয় বাষ্পকে বাষ্পাকারে রাখিয়া উহার আয়তন নির্ণয় করা সম্ভব হয়। (চিত্র 1.22)

হফ্‌ম্যানের পরীক্ষা : স্টীমের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়।

হফ্‌ম্যানের পরীক্ষায় একটি U-আকৃতিবিশিষ্ট ইউডিয়োমিটার নল ব্যবহৃত হয় যাহার এক দিক অংশাঙ্কিত এবং বদ্ধ (চিত্র 1.23)। বদ্ধমুখের সন্নিকটে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টির উদ্দেশ্যে এক

জোড়া প্লাটিনাম তার অনুপ্রবিষ্ট থাকে এবং বদ্ধমুখসংলগ্ন বাহুটির চারিদিক বেষ্টন করিয়া একটি বেষ্টনী নল রাখা হয়, যাহার মধ্য দিয়া অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প (স্ফুটনাঙ্ক 132°C) চালনার ব্যবস্থা থাকে। U-নলটির অপর প্রান্ত খোলা এবং উহার নিম্নাংশ স্টপকক সমেত নির্গম নল যুক্ত। প্রথমে বদ্ধ বাহুর অংশটিকে সম্পূর্ণভাবে মারকারি দ্বারা পূর্ণ করিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি 2 : 1 আয়তনভিত্তিক শুষ্ক মিশ্রণ মারকারির অপসারণ দ্বারা উহার ঊর্ধ্বাংশে সংগ্রহ করিয়া রাখা হয়। অতঃপর বেষ্টনী নলের মধ্য দিয়া অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প প্রেরণ করিয়া গ্যাস-মিশ্রণকে অ্যামাইল অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় এবং নির্গম-নলের স্টপককের সাহায্যে মারকারি বাহির করিয়া U-নলের দুই বাহুর মারকারি স্তম্ভকে একই উচ্চতায় লইয়া আসা হয়। এইবার গ্যাসমিশ্রণের আয়তন লক্ষ্য করিবার পর যন্ত্রের খোলামুখটিকে বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা শক্তভাবে চাপিয়া ধরিয়া প্লাটিনাম তার দুইটির মধ্যে আবেশ-কুণ্ডলীর সাহায্যে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়। হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যে-জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে তাহা পরীক্ষাধীন অবস্থায় বাষ্পরূপেই থাকিয়া যায়। অতঃপর U-নলের খোলা মুখ হইতে আঙ্গুল সরাইয়া এবং উহার মধ্যে উপযুক্ত পরিমাণ মারকারি ঢালিয়া দুই বাহুর মধ্যকার মারকারি স্তম্ভকে পুনরায় একই উচ্চতায় লইয়া আসা হয় এবং বিক্রিয়ালব্ধ জলীয় বাষ্পের আয়তন পরিমাপ করা হয়। অবশেষে অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প প্রেরণ বন্ধ করিয়া যন্ত্রটিকে পুনরায় ঘরের উষ্ণতায় শীতল করিলে দেখা যায় যে, মারকারি বদ্ধমুখ বাহুকে সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ করিয়াছে অর্থাৎ ব্যবহৃত সমুদয় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জলে রূপান্তরিত হইয়াছে।



চিত্র 1.23 স্টীমের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়

সতর্কভাবে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করিলে সর্বদাই দেখা যায় যে, বিক্রিয়ারম্ভের পূর্বে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের 2 : 1 আয়তনভিত্তিক মিশ্রণের যে-আয়তন ছিল বিক্রিয়াশেষে লব্ধ জলীয় বাষ্পের আয়তন কমিয়া উহার দুই-তৃতীয়াংশে পরিণত হইয়াছে।

হফ্‌ম্যানের পরীক্ষার সাহায্যে জলীয় বাষ্পের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় : হফ্‌ম্যানের পরীক্ষার সাহায্যে জানা যায় যে,

দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে।

ধরা যাক, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী এক আয়তন যে-কোন গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান।

∴ $2n$ অণু হাইড্রোজেন n অণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া $2n$ অণু স্টীম উৎপন্ন করে।

∴ 2 অণু হাইড্রোজেন 1 অণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 অণু স্টীম উৎপন্ন করে।

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 1 অণু স্টীম উৎপন্ন করে।

∴ 2 পরমাণু হাইড্রোজেন 1 পরমাণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 1 অণু স্টীম উৎপন্ন করে।

(∵ অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি সাধারণ মৌল গ্যাসের অণু দ্বিপরমাণুক)

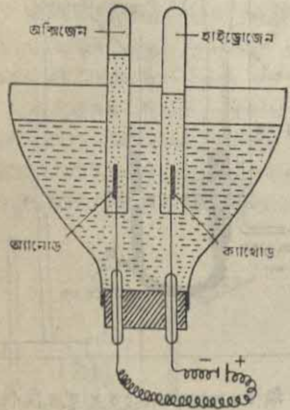
∴ স্টীমের আণবিক সঙ্কেত H_2O।

স্টীমের উপরি-উক্ত আণবিক সঙ্কেত অনুযায়ী ইহার আণবিক গুরুত্ব 18 এবং বাষ্পীয় ঘনত্ব 9

হইবার কথা। পরীক্ষার সাহায্যে সরাসরি স্টীমের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, উহার মানও 9।

জলের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়ের বৈশ্লেষিক পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে জল হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন পরিমাপ করিয়া জলের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত কাচপাত্র ব্যবহার করা হয় যাহার তলদেশ দিয়া দুইটি প্লাটিনাম-নির্মিত তড়িৎ-দ্বার উল্লম্বভাবে অনুপ্রবিষ্ট থাকে। বিশুদ্ধ জল তড়িতের কুপরিবাহী বলিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষটির মধ্যে সামান্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত জল লওয়া হয়। অতঃপর দুইটি একমুখ খোলা অংশাঙ্কিত কাচনলকে কোষে ব্যবহৃত অম্লীকৃত জল দ্বারা পূর্ণ করিয়া প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার দুইটির উপর উপুড় করিয়া স্থাপন করা হয়। তড়িৎ-দ্বার দুইটির বাহিরের প্রান্ত ব্যাটারীর দুই প্রান্তের সহিত যোগ করিলে বিশ্লেষক কোষের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে শুরু করে। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে জল বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং দেখা যায় যে, ক্যাথোডের (অর্থাৎ ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারের) উপর স্থাপিত কাচনলে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডের (অর্থাৎ ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারের) উপর স্থাপিত কাচনলে অক্সিজেন বুদ্‌বুদের আকারে নির্গত হইয়া সঞ্চিত হইতেছে। কাচনল দুইটিতে বেশ কিছু গ্যাস সঞ্চিত হইবার পর তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং কাচনলের খোলামুখ আঙ্গুলে চাপিয়া বাহিরে আনা হয়। অতঃপর কাচনল দুইটিকে একে একে উপুড় করা অবস্থায় কোষে ব্যবহৃত জল দ্বারা পূর্ণ কাচের চোঙায় ডুবাইয়া, নলের ভিতরের ও বাহিরের জলতল একই অনুভূমিক রেখায় আনিয়া, উহাদের ভিতরকার গ্যাসের আয়তন সঠিকভাবে পরিমাপ করা হয়। দেখা যায় যে, তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন সর্বদাই উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তনের দ্বিগুণ হইয়াছে।



চিত্র 1.24 জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে বিক্রিয়া : জলে দ্রবীভূত সালফিউরিক অ্যাসিড আয়নিত হইয়া প্রথমে হাইড্রোজেন আয়ন H^+ ও সালফেট আয়ন $[SO_4]^{2-}$ উৎপন্ন করে। $H_2SO_4 = 2H^+ + [SO_4]^{2-}$। ধনাত্মক তড়িৎ আধানযুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন অতঃপর ক্যাথোডে অর্থাৎ ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বারে এবং ঋণাত্মক তড়িৎ আধানযুক্ত সালফেট আয়ন অ্যানোডে অর্থাৎ ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বারে আকর্ষিত হয়। ক্যাথোডে হাইড্রোজেন আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণু ও পরিশেষে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন অণু গঠন করে।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $H^+ + e^- \rightarrow [H]$; $2[H] \rightarrow H_2$

কিন্তু অ্যানোডে জলের আয়নীভবনের ফলে সৃষ্ট $[OH]^-$ আয়ন ও উপস্থিত থাকে যাহার জারিত হইবার প্রবণতা $[SO_4]^{2-}$ আয়ন অপেক্ষা বেশি। তাই অ্যানোডে $[OH]^-$ আয়ন [OH] মূলক হিসাব উৎপন্ন হয় ও বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন নির্গত করে।

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + [OH]^-$; $[OH]^- \rightarrow [OH] + e$;

$$4[OH] \rightarrow 2H_2O + O_2$$

উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরায় আয়নিত হইয়া তড়িৎ-পরিবহণ করে (চিত্র 1.24)।

বৈশ্লেষিক পদ্ধতিতে প্রাপ্ত আয়তনমাত্রিক সংযুতি হইতে জলের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়ঃ

জলের মধ্যে 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত থাকে।
অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী 1 আয়তন যে-কোন গ্যাসে n সংখ্যক অণু উপস্থিত থাকিলে,
জলের মধ্যে $2n$ অণু হাইড্রোজেন n অণু অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত থাকে
অর্থাৎ 2 অণু হাইড্রোজেন 1 অণু অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত থাকে
বা, 1 অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত থাকে
বা 2 পরমাণু হাইড্রোজেন 1 পরমাণু অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত থাকে
($\because$ হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক)

$\therefore$ জলের স্থূলসঙ্কেত H_2O এবং আণবিক সঙ্কেত $(H_2O)_x$

পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, জলের বাষ্পীয় ঘনত্ব 9 ; অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব $2 \times 9 = 18$

$\therefore \ (2+16)x = 18$ বা $x \times 18 = 1$ $\quad \therefore \ x = 1$

$\therefore$ জলের আণবিক সঙ্কেত H_2O

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

H_2O_2

1818 খ্রীস্টাব্দে থেনার্ড সর্বপ্রথম বেরিয়াম পার-অক্সাইড সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করেন এবং 'অক্সিজেনযুক্ত জল' বলিয়া নামকরণ করেন। বৃষ্টির জলে এবং তুষারের মধ্যে সময়ে সময়ে সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়।

বরফকে উন্মুক্ত হাইড্রোজেন শিখা দ্বারা উত্তপ্ত করিলে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে প্যালাডিয়ামের উপর দিয়া চালিত করিলে এবং উজ্জ্বল সূর্যালোক, আলট্রাভায়োলেট রশ্মি অথবা তেজস্ক্রিয় রশ্মি অক্সিজেন দ্রবীভূত জলের উপর আপতিত হইলে সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতিঃ বরফশীতল তাপমাত্রায় অক্সিজেন সেতু (—O – O –) বিশিষ্ট ধাতব পার-অক্সাইডের সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়। দ্রবীভূত লবণ হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে মুক্ত অবস্থায় পাইতে হইলে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত, অদ্রাব্য বেরিয়াম লবণ উৎপন্ন করে এইরূপ অ্যাসিড, যেমন সালফিউরিক, কার্বনিক, ফসফোরিক বা হাইড্রোফ্লুওসিলিসিক অ্যাসিড (H_2SiF_6) ইত্যাদির বিক্রিয়া ঘটানো প্রয়োজন।

পরীক্ষাগারে সাধারণত বরফশীতল তাপমাত্রায় সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেইকে ধীরে ধীরে 20% লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে মিশ্রিত করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

$$\underset{\text{বেরিয়াম পার-অক্সাইড}}{BaO_2} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} = \underset{\text{বেরিয়াম সালফেট}}{BaSO_4 \downarrow} + \underset{\text{হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড}}{H_2O_2}$$

অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সহজে অগ্রসর হয় না। কারণ অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইডের উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটের একটি আবরণ সৃষ্ট হইয়া উহাকে অ্যাসিড হইতে পৃথক করিয়া

ফেলে। কিন্তু সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড $BaO_2, 8H_2O$ খুব সহজেই অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে। সেইজন্য বাণিজ্যিক অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইডকে প্রথমে একটি বীকারের মধ্যে অল্প পরিমাণ জলের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেইতে পরিণত করা হয়। অতঃপর লেইসমেত বীকারটিকে হিমমিশ্রণে শীতল করিয়া, অন্য একটি হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত বীকারে 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অল্প অল্প করিয়া ঢালিয়া অনবরত নাড়িতে হয় এবং মধ্যে মধ্যে লিটমাস কাগজের সাহায্যে দেখিতে হয় যেন মিশ্রণটি শেষ পর্যন্ত সামান্য আম্লিক থাকে। সামান্য অ্যাসিড উপস্থিত থাকিলে উহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃবিয়োজনে ঋণাত্মক অনুঘটকের কাজ করে এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। অতঃপর মিশ্রণটিকে ফিলটার পেপারের মাধ্যমে পরিস্রুত করিলে অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম সালফেট অবশেষ হিসাবে ফিলটার পেপারের গায়ে লাগিয়া থাকে এবং পরিস্রুত হিসাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের একটি লঘু দ্রবণ পাওয়া যায়। এই লঘু দ্রবণকে 75° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় বাষ্পায়ন করিয়া 66·6% পর্যন্ত গাঢ় করা যায় অথবা জাইলিন মিশ্রিত করিয়া পাতনের সাহায্যে 30% পর্যন্ত গাঢ় করিয়া পি-সাইমিন মিশাইয়া আবার পাতিত করিলে 90% গাঢ়তাবিশিষ্ট হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। 99% অপেক্ষা বেশি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে 66% গাঢ়তাবিশিষ্ট হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে নিম্নচাপে পাতিত করার প্রয়োজন হয়। 65 mm চাপে কয়েকবার পাতিত করিলে 99%-এর অধিক বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়, যাহার স্ফুটনাঙ্ক উপরি-উক্ত চাপে প্রায় 84° সেন্টিগ্রেড।

প্রস্তুতিকালে পালনীয় সতর্কতা :

(i) অধিক তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃবিয়োজন ত্বরান্বিত হয় বলিয়া বিক্রিয়কগুলিকে বিক্রিয়ার পূর্বে 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার কাছাকাছি শীতল করা প্রয়োজন।

(ii) বিক্রিয়াকালে তাপ উদ্ভূত হয় বলিয়া বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেইকে ধীরে ধীরে হিমমিশ্রণের মধ্যে বসানো বীকারে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অল্প অল্প করিয়া ঢালিয়া অনবরত নাড়িতে হয়।

(iii) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জলে মিশিলে প্রচুর তাপ নির্গত হয় বলিয়া বিক্রিয়াকালে ঘন অ্যাসিডের বদলে লঘু অ্যাসিড ব্যবহার করা প্রয়োজন।

(iv) অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করিলে উহার উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটের একটি আবরণ সৃষ্ট হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সংযোগ ছিন্ন হইয়া যায় এবং বিক্রিয়া আর অগ্রসর হয় না। সেজন্য প্রস্তুতিকালে অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইডের পরিবর্তে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা প্রয়োজন।

(v) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃবিয়োজন অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বাধা পায় বলিয়া প্রস্তুতিকালে ও পরে দ্রবণকে আম্লিক অবস্থায় রাখা বাঞ্ছনীয়। সেজন্য প্রস্তুতিকালে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই-এর মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড না ঢালিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেই অল্প অল্প

করিয়া যোগ করা প্রয়োজন এবং বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত দ্রবণটি যাহাতে সামান্য আম্লিক অবস্থায় থাকে, সেদিকে লক্ষ্য রাখা উচিত।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সুস্থিতকরণঃ অ্যাসিডের উপস্থিতি যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃবিয়োজনে বাধা দিয়া উহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করে তাহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। বাণিজ্যিক হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে উপস্থিত সামান্য পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড উপরি-উক্ত উদ্দেশ্য পালন করে। প্রস্তুতি-কালে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফসফোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে প্রাপ্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে উপস্থিত সামান্য পরিমাণ ফসফোরিক অ্যাসিডও উপরি-উক্ত উদ্দেশ্য সাধন করিতে পারে। এতদ্ব্যতীত সোডিয়াম স্টানেট, পাইরোফসফেট, অ্যালুমিনেট ইত্যাদি যৌগ উত্তম ঋণাত্মক অনুঘটক হিসাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সা-ইডের স্বতঃবিয়োজনে বাধা দান করিয়া, উহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি ঃ

(i) 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় শীতলীকৃত জলে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সূক্ষ্ম চূর্ণ ভাসমান অবস্থায় রাখিয়া, ঐ মিশ্রণের মধ্য দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে, অদ্রাব্য বেরিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অতঃপর হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে পরিস্রাবণ দ্বারা অদ্রাব্য বেরিয়াম কার্বনেট হইতে পৃথক করিয়া, নিম্নচাপ পাতনের সাহায্যে গাঢ় করা হয়।

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 \text{ (বেরিয়াম কার্বনেট)} + H_2O_2$$

(ii) বরফ দ্বারা শীতলীকৃত 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অল্প অল্প করিয়া সোডিয়াম পার-অক্সাইড যোগ করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম সালফেটের দুই-তৃতীয়াংশ উপরি-উক্ত পরিবেশে গ্লোবার লবণ (Na_2SO_4, $10H_2O$) হিসাবে কেলাসিত হইয়া যায় এবং উহাকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করার পর পরিস্রুত দ্রবণকে নিম্নচাপে পাতিত করিলে 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ বা 'পারহাইড্রোল' পাওয়া যায়। 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ বিয়োজিত হইলে দ্রবণের আয়তনের 100 গুণ অক্সিজেন (প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায়) নির্গত হয় বলিয়া ঐরূপ গাঢ়তাবিশিষ্ট হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে '100-আয়তন' হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বা 'পারহাইড্রোল' বলে।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 \text{ (সোডিয়াম সালফেট)} + H_2O_2$$

(iii) **শিল্প পদ্ধতি ঃ** বর্তমানে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়। প্রথমে 50% সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণকে মধ্যচ্ছদা (diaphragm) দ্বারা পৃথকীকৃত কপার ক্যাথোড ও প্লাটিনাম অ্যানোডের মধ্যে 35° সেন্টিগ্রেড অপেক্ষা নিম্ন তাপমাত্রায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া অ্যানোড তড়িৎ-দ্বারে সালফেট মূলককে পারসালফেট মূলকে জারিত করা হয়। অতঃপর উৎপন্ন পার-সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা উহার লবণকে 60°-100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া আর্দ্রবিশ্লেষণ করা হইলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2H_2SO_4 \rightleftharpoons H_2 + H_2S_2O_8 \text{ (পার-ডাইসালফিউরিক অ্যাসিড)}$$

$H_2S_2O_8 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4 + H_2S_2O_5$ (পার-মনোসালফিউরিক অ্যাসিড)

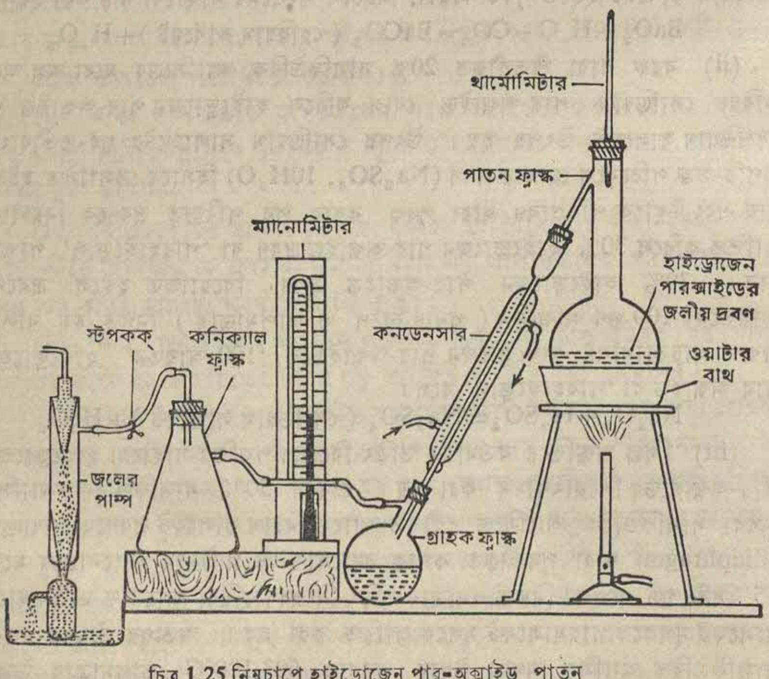
$H_2S_2O_5 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4 + H_2O_2$ (হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড)

দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের সময় জার্মানীতে প্রচলিত একটি পদ্ধতিতে 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোনের সাহায্যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের শিল্পোৎপাদন হইত। 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোনকে এই পদ্ধতিতে প্রথমে প্যালাডিয়ামের উপস্থিতিতে বিজারিত করিয়া 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনলে পরিণত করা হইত। পরে বায়ু-চালনা দ্বারা 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনলকে জারিত করিলে উহা পুনরায় 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোনে পরিণত হইবার সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিত।

2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোন + $H_2 \xrightarrow{Pd}$ 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনল

2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনল + $O_2 \rightarrow$ 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোন + H_2O_2

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতি : পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, পরীক্ষাগারে প্রস্তুত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে জলগাহে স্থাপন করিয়া 70-75°C তাপমাত্রায় বাষ্পায়ন করিলে 66% পর্যন্ত গাঢ় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। অতঃপর ঐ 66% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে নিম্নচাপে (65 mm বা আরও কম চাপে) কয়েকবার পাতিত করিলে



চিত্র 1.25 নিম্নচাপে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাতন

99% অপেক্ষা অধিক বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই 99% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে শূন্য শোষকাগারে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর

কয়েক দিন রাখিয়া দিলে অবশিষ্ট জল বিতাড়িত হইয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পড়িয়া থাকে (চিত্র 1.25)।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্বচ্ছ ঘন তরল, পাতলা স্তরে বর্ণহীন কিন্তু ঘন স্তরে ঈষৎ নীলাভ। ইহার নাইট্রিক অ্যাসিডের মত একটি তীব্র গন্ধ এবং একপ্রকার ধাতব স্বাদ আছে। 0° সেন্টিগ্রেডে আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·47। ইহার হিমাঙ্ক −1·7°C। স্ফুটনাঙ্ক প্রমাণ চাপে 151°C, কিন্তু এই উষ্ণতায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিস্ফোরণসহ বিয়োজিত হয় বলিয়া ইহাকে নিম্নতর চাপে পাতিত করা হয়। 26 mm চাপে ইহার স্ফুটনাঙ্ক 69·2°C। অতিরিক্ত শীতল করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ হইতে H_2O_2, $2H_2O$ কেলাস (গলনাঙ্ক −52·1°C) পাওয়া যায়। ইহার গাঢ় দ্রবণ শরীরের চামড়ার সংস্পর্শে আসিলে ক্ষত সৃষ্টি করে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ রাসায়নিকভাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অতিশয় সক্রিয় যৌগ। ইহার রাসায়নিক ধর্মগুলিকে নিম্নলিখিতভাবে ভাগ করা যায় ঃ

(i) বিয়োজন ; (ii) যুতযৌগ গঠন ; (iii) অ্যাসিড হিসাবে বিক্রিয়া ; (iv) জারক হিসাবে বিক্রিয়া ; (v) বিজারক হিসাবে বিক্রিয়া।

(i) **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিয়োজন ঃ** পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্বতঃবিয়োজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং অ্যাসিড ও কয়েকপ্রকার অজৈব যৌগ এই স্বতঃবিয়োজনে বাধা দিয়া ঋণাত্মক অনুঘটকের কার্য করে। পূর্বোল্লিখিত অজৈব যৌগগুলি ব্যতীত অ্যালকোহল, গ্লিসারল, বার্‌বিটিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি জৈব যৌগও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সুস্থিতি বৃদ্ধি করিতে পারে। কিন্তু ক্ষার বা সামান্য পরিমাণ ধূলার উপস্থিতি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃবিয়োজন ত্বরান্বিত করে।

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়াটি তাপমোচী ও অনেক সময়ে বিস্ফোরণ সৃষ্টি করিতে পারে। যে-সব ধনাত্মক অনুঘটক উপস্থিত থাকিলে বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত হয় সেগুলি হইল ঃ কালো প্লাটিনাম (platinum black), বিশেষত কলয়ডীয় প্লাটিনাম, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, সিলভারের সূক্ষ্ম চূর্ণ, অসমিয়াম টেট্রোক্সাইড ইত্যাদি।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য এই যে, ইহার মধ্যে অক্সিজেন পরমাণুর জারণসংখ্যা অস্বাভাবিক অর্থাৎ (−1)। স্বতঃবিয়োজনকালে উপস্থিত অক্সিজেনের অর্ধাংশ ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অর্থাৎ বিজারিত হইয়া জলের (−2) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সিজেনে এবং অপরাংশ ইলেকট্রন বর্জন করিয়া (0) জারণ-সংখ্যাবিশিষ্ট মুক্ত অক্সিজেনে পরিণত হয়। অর্থাৎ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একই সঙ্গে জারিত ও বিজারিত হয়।

(ii) **যুতযৌগ গঠন ঃ** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অনেকগুলি জৈব যৌগ এবং অজৈব লবণের সহিত যুতযৌগ গঠন করিতে পারে। $(NH_4)_2SO_4$,

H_2O_2 বা $Na_2SO_4, H_2O, \frac{1}{2}H_2O_2$ অথবা Na_2HPO_4, H_2O_2 ইত্যাদি যুতযৌগে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের উপস্থিতি কেলাস জলের সমতুল্য বলিয়া গণ্য করা যায়। ইহার সহিত ইউরিয়ার কেলাসিত যুতযৌগ $NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2$, H_2O_2 সামান্য সাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা সুস্থিতকরণের পর 'হাইপারোল' (Hyperol) নামে বিক্রীত হয়। ইহা জলে দ্রবীভূত করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়াম সালফেট হইতে প্রস্তুত যুতযৌগ $(NH_4)_2SO_4, H_2O_2$ নিম্নচাপে পাতিত করিলে ঘন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$NH_2CONH_2 + H_2O_2 = NH_2CONH_2, H_2O_2$$

$$NH_2CONH_2, H_2O_2 + H_2O = \underset{\text{দ্রবণ}}{[NH_2CONH_2 + H_2O]} + H_2O_2$$

$$(NH_4)_2SO_4 + H_2O_2 = (NH_4)_2SO_4, H_2O_2$$

অ্যামোনিয়ার সহিতও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একাধিক যুতযৌগ গঠন করে।

$$NH_3 + H_2O_2 = NH_3, H_2O_2 \; ; \; 2NH_3 + H_2O_2 = 2NH_3, H_2O_2$$

এই যুতযৌগ দুইটিকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লবণ হিসাবে গণ্য করিয়া যথাক্রমে NH_4O_2H (অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড) এবং $(NH_4)_2O_2$ (অ্যামোনিয়াম পার-অক্সাইড) সঙ্কেতে প্রকাশ করাও যায়।

(iii) **অ্যাসিড বিক্রিয়া :** জলের তুলনায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে হাইড্রোজেন বন্ধনের উপস্থিতি অনেক কম হওয়ায় ইহা অ্যাসিড ধর্ম প্রদর্শন করিতে পারে। লঘু দ্রবণে প্রশম হইলেও ঘন দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিডের অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটাইয়া থাকে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ঘন দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ বিন্দু বিন্দু আকারে যোগ করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বুদ্‌বুদ আকারে বাহির হয়।

$$H_2O_2 + Na_2CO_3 = Na_2O_2 \text{ (সোডিয়াম পার-অক্সাইড)} + H_2O + CO_2$$

কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণকে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে বিন্দু বিন্দু আকারে যোগ করিলে, ক্ষারীয় পরিবেশ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃ-বিয়োজনকে অনুঘটন দ্বারা ত্বরান্বিত করে এবং উহার ফলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

ঘন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অ্যাসিড ধর্মের জন্য উহা সোডিয়াম বা বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম অথবা বেরিয়াম পার-অক্সাইড এবং জল উৎপন্ন করে।

$$2NaOH + H_2O_2 = Na_2O_2 \text{ (সোডিয়াম পার-অক্সাইড)} + 2H_2O$$

$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 \text{ (বেরিয়াম পার-অক্সাইড)} + 2H_2O$$

(iv) **জারক হিসাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া :** পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা অস্বাভাবিক অর্থাৎ (−1)। অক্সিজেনের অন্যান্য সাধারণ যৌগে অক্সিজেনের

জারণসংখ্যা (−2) এবং মুক্ত অবস্থায় (0)। তাই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে উপস্থিত অক্সিজেনের প্রবণতা হয় একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অর্থাৎ বিজারিত হইয়া (−2) জারণসংখ্যায়, অথবা একটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া অর্থাৎ জারিত হইয়া মুক্ত অক্সিজেনের (0) জারণসংখ্যায় উপনীত হওয়া। যখন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া (−2) জারণসংখ্যা পরিগ্রহ করিবার প্রবণতা অর্থাৎ বিজারিত হইবার প্রবণতা তীব্র হয়, তখন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড শক্তিশালী জারকদ্রব্য হিসাবে বিক্রিয়া করে। স্বভাবতই বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন বর্জন করিবার প্রবণতা অর্থাৎ জারিত হইবার প্রবণতা আছে এমন কোনও বিকারক উপস্থিত থাকিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অক্সিজেনের ইলেকট্রন গ্রহণ করার প্রবণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারকদ্রব্য হিসাবে কাজ করে।

তাই নাইট্রাস অ্যাসিড, সালফিউরাস অ্যাসিড অথবা আরসেনিয়াস অ্যাসিড, যাহাদের মধ্যে ইলেকট্রন বর্জনের প্রবণতাবিশিষ্ট যথাক্রমে (+3) জারণসংখ্যা-বিশিষ্ট নাইট্রোজেন, (+4) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট সালফার অথবা (+3) জারণসংখ্যা-বিশিষ্ট আর্সেনিক রহিয়াছে, সহজেই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া (+5) নাইট্রোজেনযুক্ত নাইট্রিক অ্যাসিড, (+6) সালফারযুক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা (+5) আর্সেনিকযুক্ত আর্সেনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H\overset{+3}{N}O_2 + H_2\overset{2(-1)}{O_2} = H\overset{+5}{N}O_3 + H_2\overset{-2}{O}$$

$$H_2\overset{+4}{S}O_3 + H_2\overset{2(-1)}{O_2} = H_2\overset{+6}{S}O_4 + H_2\overset{-2}{O}$$

$$H_3\overset{+3}{As}O_3 + H_2\overset{2(-1)}{O_2} = H_3\overset{+5}{As}O_4 + H_2\overset{-2}{O}$$

অনুরূপ কারণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে, অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণকে ফেরিক সালফেটে পরিণত করে এবং কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে জারিত করে। পুরাতন অয়েল পেন্টিং-এ 'সাদা লেডে' প্রস্তুত সাদা রঙ বায়ুতে উপস্থিত হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রভাবে লেড সালফাইডে পরিণত হইয়া কালো হইয়া গেলে, উহাকে উপরি-উক্ত বিক্রিয়ার সাহায্যে পুনরায় সাদা করা হয়।

$$2K\overset{-1}{I} + 2HCl + H_2\overset{2(-1)}{O_2} = 2KCl + 2H_2\overset{-2}{O} + \overset{0}{I_2}$$

$$2\overset{+2}{Fe}SO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = \overset{2(+3)}{Fe_2}(SO_4)_3 + 2H_2\overset{-2}{O}$$

$$Pb\overset{-2}{S} + 4H_2\overset{2(-1)}{O_2} = Pb\overset{+6}{S}O_4 + 4H_2\overset{-2}{O}$$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়াগুলিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (−1) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট পটাসিয়াম আয়োডাইডের আয়োডিনকে, (+2) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ফেরাস আয়রনকে এবং (−2) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট লেড সালফাইডের সালফারকে যথাক্রমে

(0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মুক্ত আয়োডিনে, (+3) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ফেরিক আয়রনে এবং (+6) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট লেড সালফেটের সালফারে জারিত করিয়াছে।

এতদ্‌ব্যতীত হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া মুক্ত সালফারে পরিণত করিতে এবং সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে জারিত করিয়া নীলবর্ণের পারক্রোমিক অ্যাসিডে পরিণত করিতে পারে।

$$H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S\downarrow$$

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3H_2O_2 = K_2SO_4 + 3H_2O + \underset{\text{পারক্রোমিক অ্যাসিড}}{2HCrO_5}$$

(v) **বিজারক হিসাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া :**

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে উপস্থিত অক্সিজেনের জারণসংখ্যা অস্বাভাবিক অর্থাৎ (−1) এবং ইহার বিজারিত হইয়া (−2) জারণ-সংখ্যা পরিগ্রহ করার প্রবণতা ছাড়াও জারিত হইয়া অর্থাৎ ইলেকট্রন বর্জন করিয়া মুক্ত অবস্থায় (0) জারণসংখ্যায় উপনীত হওয়ার প্রবণতা বর্তমান। স্বভাবতই ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা আছে এমন বিকারকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অক্সিজেনের ইলেকট্রন বর্জনের প্রবণতা অর্থাৎ বিজারক হিসাবে বিক্রিয়া করার ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

এজন্য হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বরধাতুর (noble metal) অর্থাৎ সিলভার, গোল্ড অথবা প্লাটিনামের অক্সাইডগুলিকে বিজারিত করিয়া ধাতুগুলিকে মুক্ত করিতে পারে।

$$\overset{2(-1)}{H_2O_2} + \overset{2(+1)}{Ag_2O} = 2\overset{0}{Ag} + H_2O + \overset{0}{O_2}$$

এই বিক্রিয়াতেও জারণ ও বিজারণ পাশাপাশি ঘটিয়াছে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করিয়াছে এবং সিলভার অক্সাইড বিজারিত হইয়া মুক্ত সিলভারে পরিণত হইয়াছে।

অনুরূপভাবে ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ক্লোরিনকে বিজারিত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং নিজে জারিত হইয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$\overset{0}{Cl_2} + \overset{2(-1)}{H_2O_2} = 2H\overset{-1}{Cl} + \overset{0}{O_2}$$

ওজোন, সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট অথবা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সহিত বিক্রিয়াতেও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিজারক হিসাবে কাজ করে।

$$\overset{0}{O_3} + + \overset{2(-1)}{H_2O_2} = 2\overset{0}{O_2} + H_2\overset{-2}{O}$$

এই বিক্রিয়াতে ওজোন জারক এবং উহার অণুতে উপস্থিত তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর মধ্যে একটি হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, জলের অণুর (−2)

জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সিজেনে পরিণত হইয়াছে অর্থাৎ দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হইয়াছে। সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে উপস্থিত দুইটি (−1) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সিজেন পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া (0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মুক্ত অক্সিজেনে জারিত হইয়াছে। এস্থলে লক্ষণীয় এই যে, বিক্রিয়াজাত দুইটি অক্সিজেন অণুর মধ্যে কেবলমাত্র একটি, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণের ফলে উৎপন্ন হইয়াছে।

$$NaO\overset{+1}{Br}+H_2\overset{2(-1)}{O_2} = Na\overset{-1}{Br}+H_2O+\overset{0}{O_2}$$

এই বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইটে উপস্থিত (+1) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ব্রোমিন দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া সোডিয়াম ব্রোমাইডে উপস্থিত (−1) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ব্রোমিনে বিজারিত হইতেছে এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের দুইটি (−1) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সিজেনের প্রত্যেকে এক একটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া অক্সিজেনে জারিত হইয়াছে।

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4+3H_2SO_4+5H_2\overset{2(-1)}{O_2} = K_2SO_4+2\overset{+2}{Mn}SO_4+8H_2O+5\overset{0}{O_2}$$

এস্থলে পাঁচ অণু হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডে উপস্থিত মোট দশটি (−1) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সিজেন পরমাণু দশটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া পাঁচ অণু (0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মুক্ত অক্সিজেনে জারিত হইয়াছে এবং এই দশটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের (+7) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজের দুইটি পরমাণু, ম্যাঙ্গানাস সালফেটের (+2) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজ পরমাণুতে বিজারিত হইয়াছে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ-বিজারণ প্রবণতায় মাধ্যমের প্রভাব : অনেক ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ প্রবণতা অথবা বিজারণ প্রবণতা কোন্‌টি অধিক হইবে তাহা মাধ্যমের আম্লিক অথবা ক্ষারীয় চরিত্রের উপরও নির্ভর করে।

যেমন, পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের একটি অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণ পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইডে জারিত হয় কিন্তু ক্ষারীয় মাধ্যমে ঠিক বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে, ফেরিসায়ানাইড বিজারিত হইয়া ফেরোসায়ানাইডে পরিণত হয়।

$$2K_4\overset{-4}{[Fe(CN)_6]}+H_2SO_4+H_2\overset{2(-1)}{O_2} = 2K_3\overset{-3}{Fe(CN)_6]}+K_2SO_4+2H_2\overset{-2}{O}$$

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড

$$2K_3\overset{-3}{[Fe(CN)_6]}+2KOH+H_2\overset{2(-1)}{O_2} = 2K_4\overset{-4}{[Fe(CN)_6]}+2H_2O+\overset{0}{O_2}$$

আবার অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানাস লবণ উৎপন্ন করে, অথচ ক্ষারীয় দ্রবণে

ম্যাঙ্গানাস লবণ একই বিকারক দ্বারা জারিত হইয়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$\overset{+4}{Mn}O_2 + H_2SO_4 + H_2\overset{2(-1)}{O_2} = \overset{+2}{Mn}SO_4 + 2H_2O + \overset{0}{O_2}$$

$$\overset{+2}{Mn}SO_4 + 2KOH + H_2\overset{2(-1)}{O_2} = \overset{+4}{Mn}O_2 + K_2SO_4 + 2H_2\overset{-2}{O}$$

অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের সহিত বিক্রিয়া : জল যেমন অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে, অনুরূপভাবে খুব ঘন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডও অনেকগুলি অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পার-অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$H_2O_2 + SO_3 = H_2SO_5$$

সালফার ট্রাইঅক্সাইড — পার-মনোসালফিউরিক অ্যাসিড

$$H_2O_2 + 2SO_3 = H_2S_2O_8$$ (পার-ডাইসালফিউরিক অ্যাসিড)

$$2H_2O_2 + H_2O + P_2O_5 = 2H_3PO$$

ফসফরাস পেন্টঅক্সাইড — পার-মনোফস্‌ফোরিক অ্যাসিড

পার-ডাইফস্‌ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য নিম্ন তাপমাত্রায় 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত অতিরিক্ত পরিমাণ পাইরোফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

$$H_2O_2 + H_4P_2O_7 = H_4P_2O_8 + H_2O$$

পাইরোফস্‌ফোরিক অ্যাসিড — পার-ডাইফস্‌ফোরিক অ্যাসিড

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের মাত্রা : কোনও নির্দিষ্ট আয়তন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে বিয়োজিত করিলে ঐ দ্রবণের আয়তনের যতগুণ অক্সিজেন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় নির্গত হয়, দ্রবণে উপস্থিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের শক্তি বা মাত্রাকে 'ততগুণ আয়তন' মাপকাঠিতে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং কোনও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণের 1 c.c.-কে বিয়োজিত করিয়া যদি প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 10 c.c. অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা হইলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণটির মাত্রা 10 আয়তন (10 Volume), যদি 20 c.c. অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা হইলে 20 আয়তন (20 Volume) অথবা যদি 100 c.c. অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা হইলে 100 আয়তন (100 Volume)।

আয়তন মাত্রা ও গাঢ়ত্বের শতকরা মাত্রার মধ্যে সম্বন্ধ খুব সহজেই নির্ণয় করা যায়।

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

$2(2+2\times16)$ — প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়

$=68$ গ্রাম — 22400 c.c.

68 গ্রাম হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22400 c.c. অক্সিজেন দেয়।

∴ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় $\frac{22400}{68}$ $= 329{\cdot}4$ c.c. অক্সিজেন দেয়।

∴ 100 c.c. 1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 329·4 c.c. অক্সিজেন দেয়।

∴ 1 c.c. 1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 3·294 c.c. অক্সিজেন দেয়।

∴ 1% শতকরা গাঢ়ত্বের হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের আয়তনভিত্তিক মাত্রা 3·294 আয়তন।

∴ 1 আয়তন মাত্রার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গাঢ়ত্বের মাত্রা $\frac{1}{3{\cdot}294}\%$ বা 0·304%।

∴ 10 আয়তন মাত্রার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গাঢ়ত্বের শতকরা মাত্রা 3·04%।

100 আয়তন মাত্রার 30·4%, V আয়তন মাত্রার 0·304 V% ইত্যাদি।

পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের কয়েকটি ধর্ম পরীক্ষা

পরীক্ষা (i) একটি বীকারে কিছু বেরিয়াম পার-অক্সাইড চূর্ণ পাতিত জলের মধ্যে ভালো করিয়া মিশাইয়া, উহার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করার পর সামান্য স্টার্চ আয়োডাইড দ্রবণ (পটাসিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণের মিশ্রণ) যোগ করিলে দেখা যাইবে যে, ভাসমান সাদা চূর্ণবাহী দ্রবণ নীল রঙে রঞ্জিত হইয়া উঠিবে। এই পরীক্ষায় প্রথমে কার্বন ডাই-অক্সাইড বেরিয়াম পার-অক্সাইড এবং জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

$$CO_2 + H_2O + BaO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$$

অতঃপর উৎপন্ন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্টার্চ আয়োডাইড দ্রবণে উপস্থিত পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করিয়া মুক্ত করিবে এবং এই মুক্ত আয়োডিনের জন্য স্টার্চ দ্রবণ ঘন নীল রঙে রঞ্জিত হইবে।

$$2KI + H_2O_2 + CO_2 = K_2CO_3 + I_2 + H_2O$$

এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ ক্ষমতা আছে।

পরীক্ষা (ii) একটি ফিল্টার পেপার লেড-অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত করিয়া কিপ-যন্ত্রের হাইড্রোজেন সালফাইড-নিঃসারী নির্গম-নলের সামনে ধরিলে উহা লেড-সালফাইড উৎপত্তির জন্য কালো হইয়া যাইবে। অতঃপর ঐ কালো ফিল্টার পেপারটিকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের মধ্যে ডুবাইলে কালো রঙ অন্তর্হিত হইয়া যাইবে।

$$(CH_3COO)_2Pb + H_2S = PbS + 2CH_3COOH$$

লেড অ্যাসিটেট লেড সালফাইড অ্যাসেটিক অ্যাসিড

$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$$

লেড সালফাইড (কালো) লেড সালফেট (সাদা)

এই পরীক্ষাও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ ধর্ম প্রমাণ করে।

পরীক্ষা (iii) একটি পরীক্ষানলে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ লইয়া উহাতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিলে, বাদামী বর্ণের সিলভার অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হইবে। অতঃপর পরীক্ষানলটির মধ্যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ যোগ করিলে অক্সিজেন গ্যাস বুদ্‌বুদ আকারে বাহির হইতে থাকিবে এবং বাদামী বর্ণের সিলভার অক্সাইড দ্রুত বিজারিত হইয়া কালোরঙের ধাতব সিলভার চূর্ণে পরিণত হইবে। (সূক্ষ্মচূর্ণ অবস্থায় সিলভারকে কালো দেখায়।)

এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিজারণ ক্ষমতা আছে।

পরীক্ষা (iv) সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে লঘু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণ মিশ্রিত করার পর অল্প ইথার যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে, ইথার স্তর ঘন নীল রঙে রঞ্জিত হইয়া যাইবে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে জারিত করিয়া যে-পারক্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করিবে উহা ইথারে দ্রবীভূত হয় বলিয়াই ইথার নীলবর্ণে রঞ্জিত হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের এই পারক্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করার ক্ষমতাকে উহার সনাক্তকরণের জন্য ব্যবহার করা হয়।

পরীক্ষা (v) একটি পরীক্ষানলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের মধ্যে অল্প ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া ঝাঁকাইলে, অক্সিজেন গ্যাস বুদ্‌বুদ আকারে নির্গত হইতে থাকিবে।

এই পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড খুব সুস্থিত যৌগ নহে এবং ইহা সহজেই বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা ঃ

(i) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্টার্চ আয়োডাইড কাগজকে নীল করে।

(ii) ইহার সহিত ক্রোমিক অ্যাসিড মিশ্রণ ও ইথার মিশাইয়া ঝাঁকাইলে ইথার স্তর ঘন নীল রঙে রঞ্জিত হয়।

(iii) অ্যাসিডযুক্ত পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায়।

(iv) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সনাক্তকরণের সূক্ষ্মতম পরীক্ষা : ইহা টাইট্যানিল সালফেটকে হলুদ বা কমলা রঙের পারটাইট্যানিক অ্যাসিডে জারিত করে।

(v) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ক্লোরেট ও অ্যানিলিনের মিশ্রণকে বেগুনী রঙে রঙীন করে।

(vi) গুইয়াকামের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে (Guiacum tincture) একবিন্দু রক্ত যোগ করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাইলে নীল রঙ হয়। ইহা রক্তচিহ্ন সনাক্তকরণেরও একটি সূক্ষ্ম পরীক্ষা।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার :

(i) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারক ধর্ম থাকার জন্য ইহাকে চুল, দাঁত, সিল্ক, হাতীর দাঁত, পালক ইত্যাদি বিরঞ্জন করার জন্য ব্যবহার করা হয়। কালো চুল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সাহায্যে বিরঞ্জিত হইয়া সোনালী বর্ণ ধারণ করে।

(ii) জীবাণুনাশক ধর্ম থাকার জন্য ইহার লঘু দ্রবণ ক্ষত ধৌত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

(iii) রকেট ও বায়ুযানের জ্বালানি প্রস্তুত করার জন্যও ইহাকে ব্যবহার করা হয়। দহনকালে ইহা জ্বালানির দাহ্য অংশকে অক্সিজেন সরবরাহ করে।

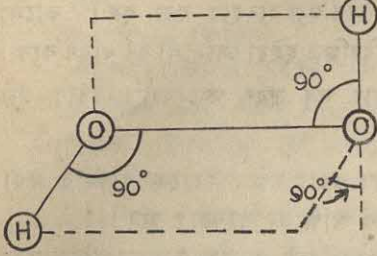
(iv) পুরাতন তৈলচিত্রের মালিন্য দূর করার জন্য অনেক সময়ে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা ধৌত করা হয়।

(v) ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জনের পর অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করার জন্যও বহুক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা

	জল	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
(i) ভৌতধর্ম	বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বচ্ছ, লঘু তরল।	লঘু দ্রবণ বর্ণহীন কিন্তু ঘন দ্রবণ ঈষৎ নীলাভ, নাইট্রিক অ্যাসিডের মত ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত সিরাপ-সদৃশ তরল।
	আপেক্ষিক গুরুত্ব 1, স্ফুটনাঙ্ক প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 100°C।	আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·47, স্ফুটনাঙ্ক প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 151°C, কিন্তু স্ফুটনকালে বিস্ফোরণ ঘটে।
(ii) লিটমাসের উপর ক্রিয়া	প্রশম তরল, লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তিত হয় না।	লঘু অবস্থায় প্রশম কিন্তু ঘন অবস্থায় আম্লিক এবং নীল লিটমাসকে লাল করে।
(iii) জারণ-বিজারণ ধর্ম	সাধারণভাবে জারক বা বিজারক নয়। কিন্তু শ্বেততপ্ত ধাতুকে জারিত করিতে বা ক্লোরিনকে বিজারিত করিতে পারে। অবশ্য KI দ্রবণ হইতে I_2 মুক্ত করিতে, কালো PbS-কে সাদা $PbSO_4$-এ পরিণত করিতে বা $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করিতে পারে না।	সাধারণভাবে জারক এবং বহুক্ষেত্রে বিজারক। জারক হিসাবে KI দ্রবণ হইতে I_2-কে মুক্ত ও কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে পরিণত করিতে এবং বিজারক হিসাবে অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করিতে সক্ষম।
(iv) যুতযৌগ গঠন	বহু লবণের সহিত যুতযৌগ গঠন করিয়া জল কেলাসজল হিসাবে অবস্থান করে। যেমন, $MgCl_2$, $6H_2O$ বা $CuSO_4$, $5H_2O$ ইত্যাদি।	জলের মত ইহাও বহু লবণের সহিত সংযুক্ত হইয়া যুতযৌগ গঠন করে। যেমন, $(NH_4)_2SO_4$, H_2O_2 বা Na_2HPO_4, H_2O_2 ইত্যাদি।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গঠন : বিশুদ্ধ তরল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের এক্স-রশ্মি চিত্র গ্রহণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহার অণুর মধ্যে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু পরস্পর লম্ব অভিমুখে এবং অক্সিজেন পরমাণুদ্বয় সংযোজক অক্ষের সহিতও লম্বভাবে অবস্থান করে।



চিত্র 1.26

অনুশীলনী 1. 10 আয়তন-মাত্রার লেবেলবিশিষ্ট কত মিলিলিটার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে 30°C উষ্ণতা ও 760 mm চাপে 505 মিলিমিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে?

ধরা যাক, প্রশ্নোক্ত অক্সিজেনের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা (চরম স্কেলে) যথাক্রমে,

পরীক্ষাধীন অবস্থায়	N.T.P.-তে
$P_1 = 760$ mm	$P_0 = 760$ mm
$V_1 = 505$ ml	$V_0 = ?$
$T_1 = (30° + 273°)K$	$T_0 = 273°K$

এখন, $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P_1V_1}{T}$

$$\therefore \quad V_0 = \frac{P_1V_1}{T} \times \frac{T_0}{P_0} = \frac{760 \times 505 \times 273}{303 \times 760} = 455 \text{ ml}$$

H_2O_2-এর আয়তনমাত্রার সংজ্ঞানুযায়ী 10 আয়তনমাত্রার 1 ml H_2O_2 দ্রবণের বিয়োজনের ফলে N.T.P.-তে 10 ml O_2 উৎপন্ন হয়।

10 ml O_2 উৎপন্ন হয় 10 আয়তনমাত্রার 1 ml H_2O_2 দ্রবণ হইতে

$\therefore$ 455 ml ,, ,, ,, ,, $\frac{1}{10} \times 455$ বা 45 5 ml ,, ,, ,,

$\therefore$ প্রশ্নোক্ত পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়ার জন্য 45·5 ml 10 আয়তন H_2O_2 প্রয়োজন।

অনুশীলনী 2. 20 আয়তনমাত্রার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের (a) গ্রাম / লিটার হিসাবে এবং (b) নর্ম্যালিটি হিসাবে শক্তি কত?

(a 20 আয়তন H_2O_2 দ্রবণের অর্থ এই যে, ঐ দ্রবণের 1 লিটার হইতে N T.P.-তে 20 লিটার O_2 পাওয়া যায়।

$2H_2O_2 \quad = 2H_2O + O_2$

$2 \times 34 = 68$ gm $\qquad$ 22·4 (l) N.T.P.-তে

N T.P.-তে 22·4(l) O_2 পাওয়া যায় 68 gm বিশুদ্ধ H_2O_2 হইতে

$\therefore$,, 20 (l) ,, ,, ,, $\frac{68 \times 20}{22 \cdot 4} = 60 \cdot 72$ gm ,, ,, ,,

∴ 1 (l) 20-আয়তন H_2O_2 দ্রবণের মধ্যে 60·72 gm বিশুদ্ধ H_2O_2 আছে অর্থাৎ উহার শক্তি 60·72 gm/l

(b) $2H_2O_2 = 2H_2O+O_2$
$2\times34=68$ 32

সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, 32 gm O_2 68 gm H_2O_2 হইতে পাওয়া যায়

∴ H_2O_2-এর তুল্যাঙ্কভার=H_2O_2-এর যত ভাগ ওজন হইতে 8 ভাগ ওজন O_2 পাওয়া যায়$=\frac{68\times8}{32}=17$

আবার আমরা জানি, নর্ম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার=গ্রাম/লিটার হিসাবে শক্তি

∴ নর্ম্যালিটি $\times 17=60{\cdot}72$

∴ নর্ম্যালিটি $=\frac{60{\cdot}72}{17}=3{\cdot}574$

∴ দ্রবণটির শক্তি 3·574 (N)

ওজোন

আণবিক সঙ্কেত O_3 আণবিক গুরুত্ব 48 বাষ্পীয় ঘনত্ব 24

1785 খ্রীস্টাব্দে ভান মারুম (Van Marum) লক্ষ্য করেন যে, অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে তড়িৎক্ষরণ করিলে গ্যাসটিতে মৎস্যগন্ধের আবির্ভাব হয় এবং ঐ গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে পারদ নিজস্ব চাকচিক্য হারাইয়া ফেলে। 1801 খ্রীস্টাব্দে ক্রুইকশাঙ্ক (Cruickshank) তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত অক্সিজেনের মধ্যেও একই প্রকার গন্ধের অস্তিত্ব লক্ষ্য করেন। 1840 খ্রীস্টাব্দে শোয়েনবাইন (Schoenbein) প্রমাণ করেন যে, একটি পৃথক গ্যাসের আবির্ভাবের ফলেই ঐ বিশেষ গন্ধের উৎপত্তি হইয়াছে এবং তিনি ঐ গ্যাসের নাম দেন Ozone (গ্রীক Ozo শব্দের অর্থ 'গন্ধ পাই')।

বায়ুতে অতি সামান্য পরিমাণ ওজোনের অস্তিত্ব আছে। সমুদ্রতীরের বায়ুতে ওজনের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত বেশি। অনুমান করা হয় যে, ঢেউয়ের উপরের লবণ জলধারার আকারে বাষ্পীভূত হওয়ার সময় সমুদ্রতল সংলগ্ন বায়ুতে ওজোন উৎপন্ন করে। বায়ুমণ্ডলের ঊর্ধ্বস্তরে ওজোনের অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে। সম্ভবত আলট্রাভায়োলেট রশ্মির ক্রিয়ার ফলেই ঐরূপ হইয়াছে।

ওজোনের উৎপত্তি ঃ আর্দ্র বায়ুতে ফসফরাস যখন ধীরে ধীরে জারিত হয় তখন বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেনের সামান্য অংশ ওজোনে পরিণত হয়।

শীতল অবস্থায় অ্যাসিডযুক্ত জল তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে উৎপন্ন অক্সিজেনে লক্ষণীয় মাত্রায় ওজোন উপস্থিত থাকে।

ক্লোরিনের সহিত জলের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন অক্সিজেনে এবং বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে নির্গত অক্সিজেনে ওজোন উপস্থিত থাকে।

পার-আয়োডিক অ্যাসিডের কেলাস উত্তপ্ত করিলে, উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের উপর দিয়া অক্সিজেন চালনা করিলে, অক্সিজেনের উপর আল্‌ফা রশ্মির ক্রিয়ার ফলে অথবা অ্যামোনিয়াম পারসালফেট ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলেও ওজোন উৎপন্ন হয়।

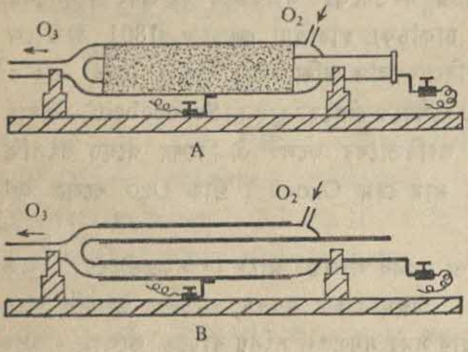
অক্সিজেন গ্যাস আলট্রাভায়োলেট রশ্মি দ্বারা উদ্ভাসিত হইলে আংশিকভাবে ওজোনে রূপান্তরিত হয় এবং তরল অক্সিজেন আলট্রাভায়োলেট রশ্মির প্রভাবে আংশিকভাবে তরল ওজোনে পরিণত হইয়া নীলবর্ণ ধারণ করে। নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণের ফলেও ওজোন অক্সিজেনে রূপান্তরিত হয় এবং এইভাবে নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণের সাহায্যে অক্সিজেনকে ওজোনে রূপান্তরিত করাই ওজন প্রস্তুতির সহজতম পদ্ধতি।

$$3O_2 = 2O_3 - 2 \times 34 \text{ কিলো ক্যালোরি}$$

তাই অক্সিজেনের ওজোনে রূপান্তর একটি তাপগ্রাহী বিক্রিয়া।

পরীক্ষাগারে ওজোন প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগারে সাধারণত সীমেন্স যন্ত্রের অথবা ব্রডী-যন্ত্রের সাহায্যে ওজোন প্রস্তুত করা হয়।

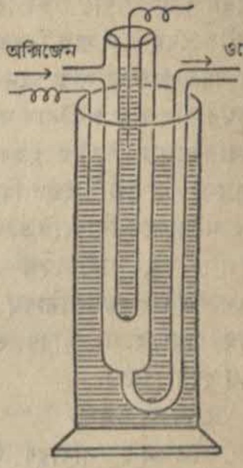
(i) সীমেন্স যন্ত্রের সাহায্যে ওজোন প্রস্তুতি ঃ সীমেন্স যন্ত্র একই অক্ষবিশিষ্ট দুইটি কাচনল দ্বারা চিত্রানুযায়ী এমনভাবে গঠিত (চিত্র 1.27) যে, দুইটি নলের মধ্যে একটি শূন্যস্থান থাকে। বাহিরের কাচনলের বাহিরের দিকে এবং ভিতরের কাচনলের ভিতরের দিকে পাতলা টিনের পাতের আবরণ থাকে। টিনের পাত দুইটিকে ব্যাটারী ও আবেশকুণ্ডলীর সহিত যোগ করিয়া উহাদের মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণ করা হয় এবং দুইটি কাচনলের মধ্যবর্তী শূন্যস্থান দিয়া ধীরে ধীরে অক্সিজেন গ্যাসের স্রোত প্রবাহিত করা হয়। নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণের প্রভাবে অক্সিজেনের একটি অংশ ওজোনে রূপান্তরিত হয় ও যন্ত্র হইতে ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেন নির্গত হইতে থাকে।



চিত্র 1.27 সীমেন্স যন্ত্র

(ii) ব্রডী-যন্ত্রের সাহায্যে ওজোন প্রস্তুতি ঃ এই যন্ত্রটি মূলত এমন একটি U-নল যাহার একটি বাহু অপর বাহু অপেক্ষা অনেক বেশি চওড়া। চওড়া বাহুর ভিতরে একটি অপেক্ষাকৃত সরু একমুখ বন্ধ কাচনল ঢুকাইয়া উহার খোলা মুখের প্রান্ত U-নলের চওড়া বাহুর খোলা প্রান্তের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়

(চিত্র 1.28)। U-নলের চওড়া বাহুতে একটি প্রবেশ পথ ও সরু বাহুর শেষপ্রান্তে একটি নির্গমপথ সংলগ্ন থাকে। U-নলের চওড়া বাহুতে অনুপ্রবিষ্ট সরু নলটির মধ্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে একটি প্লাটিনাম-নির্মিত তড়িৎদ্বার ডুবাইয়া রাখা হয় এবং সমগ্র U-নলটিকে একটি একই তরলে পূর্ণ কাচের জারের মধ্যে স্থাপন করিয়া আরেকটি-প্লাটিনাম নির্মিত তড়িদ্দ্বার ঐ জারের ভিতরকার তরলের মধ্যেও ডুবাইয়া রাখা হয়। প্লাটিনাম তড়িদ্দ্বার দুইটিকে আবেশ-কুণ্ডলীর মাধ্যমে সংযুক্ত করা হয়। অক্সিজেন গ্যাসকে প্রবেশ পথের মাধ্যমে সরু নল ও চওড়া বাহুর মধ্যবর্তী শূন্যস্থানের মধ্য দিয়া চালিত করা হয়। নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণের ফলে ঐ অক্সিজেনের একাংশ ওজোনে রূপান্তরিত হইয়া ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেনরূপে নির্গমপথ দিয়া বাহির হইবে।



চিত্র 1.28 ব্রডী-যন্ত্র

সীমেন্স যন্ত্র অপেক্ষা ব্রডী-যন্ত্র ব্যবহার অধিকতর সুবিধাজনক এবং ইহার সাহায্যে প্রবাহিত অক্সিজেন স্রোতের 12%-এর বেশি ওজোনে রূপান্তরিত হয়। কাচজারের মধ্যে বরফ দিয়া উহার তাপমাত্রা 0° সেন্টিগ্রেডে রাখিলে এবং তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করে না অথচ শক্তিশালী, এমন আবেশকুণ্ডলী ব্যবহার করিলে, অক্সিজেনের 25% পর্যন্ত ওজোনে রূপান্তরিত হইতে পারে।

বিশুদ্ধ ওজোন প্রস্তুতি : আংশিকভাবে ওজোনে রূপান্তরিত অক্সিজেনের মধ্যে সাধারণত আয়তনভিত্তিক 15% অপেক্ষা বেশি ওজোন থাকে না। এই মিশ্রণকে তরল অক্সিজেনে শীতলীকৃত নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে তরল ওজোনের মধ্যে অক্সিজেনের এক নীলবর্ণ দ্রবণ পাওয়া যায়। চাপ হ্রাস করিলে এই তরল বাষ্পীভূত হইতে আরম্ভ করে এবং তরলটি দুইটি স্তরে বিভক্ত হইয়া যায়—উপরের তরল অক্সিজেনে দ্রবীভূত ওজোনের নীল স্তর এবং নীচের তরল ওজোনে দ্রবীভূত অক্সিজেনের কালচে বেগুনী স্তর। ওজোন প্রধান স্তরটি পৃথক করিয়া আংশিক পাতনের সাহায্যে অক্সিজেনকে দূরীভূত করিলে ঘন নীলবর্ণ বিশুদ্ধ তরল ওজোন পাওয়া যায় (স্ফুটনাঙ্ক 112·4°C) এবং এই তরলকে সাবধানে বাষ্পীভূত করিলে উহা নীলবর্ণ বিশুদ্ধ ওজোন গ্যাসে পরিণত হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণের ফলে অক্সিজেন যখন ওজোনে পরিণত হয় তখন বিক্রিয়াটিকে $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 - 68$ k. cal—এই তাপগ্রাহী সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা হইলেও বাস্তবে অক্সিজেন বাড়তি শক্তি হিসাবে তড়িৎশক্তি গ্রহণ করিয়া ওজোনে পরিণত হয়। অবশ্য অতি উচ্চ তাপমাত্রায়

উত্তপ্ত করিলে তাপশক্তি গ্রহণ করিয়াও অক্সিজেনের একাংশ ওজোনে পরিবর্তিত হইতে পারে, কিন্তু বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির অতিদ্রুত শীতলীকরণ দ্বারা সাম্যাবস্থার হিমায়ন করা (অর্থাৎ উভয় দিকের বিক্রিয়ার গতিকে অতি মন্থর করা) না হইলে, শীতলীকরণের সঙ্গে সঙ্গে নিম্নতর তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠিত হইবে এবং উৎপন্ন প্রায় সমগ্র ওজোন অক্সিজেনে বিয়োজিত হইয়া যাইবে। (তরল অক্সিজেনের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা প্লাটিনাম তার উত্তপ্ত করিলে এইরূপ সাম্যাবস্থার হিমায়ন হয় বলিয়া ওজোন উৎপন্ন হয়।) নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণ শেষে প্রাপ্ত অক্সিজেন-মিশ্রিত ওজোনের মধ্যেও এইরূপ হিমায়িত সাম্যাবস্থা উপস্থিত থাকে এবং ওজোন অতি ধীরে অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, সাম্যাবস্থার প্রতিষ্ঠা হয় শীঘ্রতর এবং 300°C-এর উপরে প্রায় তাৎক্ষণিক। এজন্য নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণের সময় তড়িৎস্ফুলিঙ্গহীন শীতল অবস্থা বজায় রাখা হয়। কারণ তড়িৎক্ষরণের সময় তড়িৎস্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হইলে গ্যাস উত্তপ্ত হইয়া উঠে।

ওজোনের ধর্ম

ভৌতধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় ওজোন একটি নীলবর্ণ মৎস্যগন্ধযুক্ত গ্যাস। −112·4°C তাপমাত্রায় ইহা ঘনীভূত হইয়া ঘন নীলবর্ণ তরল ওজোনে পরিণত হয়। জলে ইহার দ্রাব্যতা অক্সিজেন অপেক্ষা অধিক। ইহা সহজেই তার্পিন অথবা দারুচিনি তৈলে দ্রবীভূত হয়। তরল ওজোন বিস্ফোরক এবং চৌম্বকধর্মী। তরল ওজোনকে তরল হাইড্রোজেনের সাহায্যে শীতল করিলে বেগুনী-কালো রঙের কঠিন ওজোনের কেলাস উৎপন্ন হয় (গলনাঙ্ক −249·7°C)।

রাসায়নিক ধর্ম :

(i) বিয়োজন : ওজোন সুস্থিত পদার্থ নহে। সাধারণ তাপমাত্রাতেও ইহা ধীরে ধীরে বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেনে রূপান্তরিত হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে এই বিয়োজনের হারও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং 300° সেন্টিগ্রেডের উচ্চতর তাপমাত্রায় এই বিয়োজন প্রায় তাৎক্ষণিক। নিম্নতর চাপে অথবা ক্লোরিন বা নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড ওজোন গ্যাসে মিশ্রিত থাকিলেও, এই বিয়োজন বিক্রিয়ার গতি দ্রুততর হয়। সিলভার, প্লাটিনাম, প্যালোডিয়াম ইত্যাদি ধাতু ; ম্যাঙ্গানিজ, কোবাল্ট, আয়রন, সিলভার ইত্যাদি ধাতুর অক্সাইড ; সূক্ষ্ম কাচচূর্ণ এবং ক্ষারীয় দ্রবণ ওজোনের বিয়োজন বিক্রিয়ায় ঋণাত্মক অনুঘটক হিসাবে কাজ করে।
$2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$

জারণ ধর্ম : তাপগ্রাহী বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় বলিয়া ওজোন অক্সিজেন অপেক্ষা শক্তিশালী জারক দ্রব্য। সাধারণত জারণকালে ওজোন বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন অণু এবং শক্তিসমৃদ্ধ জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে। অধিকাংশ বিক্রিয়ায় এই জায়মান অক্সিজেনের সক্রিয়তাই ওজোনের সক্রিয়তা।

গোল্ড ও প্লাটিনাম ব্যতীত প্রায় সব ধাতুই ওজোন দ্বারা জারিত হয়।

ওজোনের সংস্পর্শে মারকারি প্রবাহিত হইবার ক্ষমতা হারাইয়া ফেলে। ওজোনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে যে-মারকিউরাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়, তাহা অতিরিক্ত মারকারির মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া মারকারিকে স্থাণু করিয়া ফেলে। $2Hg + O_3 = O_2 + Hg_2O$ (মারকিউরাস অক্সাইড)

জল দিয়া ধৌত করিলে মারকারি আবার তাহার প্রবাহিত হইবার ক্ষমতা ফিরিয়া পায়।

ওজোনের সংস্পর্শে সামান্য উষ্ণ সিলভারের পাত কালো হইয়া যায়। সিলভার জারিত হইয়া অক্সাইড ও পার-অক্সাইডের মিশ্রণে পরিণত হয় বলিয়াই ঐরূপ ঘটে।

$2Ag + O_3 = Ag_2O$ (সিলভার অক্সাইড) $+ O_2$

$2Ag + 2O_3 = Ag_2O_2$ (সিলভার পার-অক্সাইড) $+ 2O_2$

ওজোন আর্দ্র সালফার, ফসফরাস, আর্সেনিক এবং আয়োডিনকে জারিত করিয়া যথাক্রমে সালফিউরিক, ফসফোরিক, আর্সেনিক এবং আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$S + H_2O + 3O_3 = H_2SO_4$ (সালফিউরিক অ্যাসিড) $+ 3O_2$

$P_4 + 6H_2O + 6O_3 = 4H_3PO_4$ (অর্থোফস্‌ফোরিক অ্যাসিড) $+ 4O_2$

$I_2 + H_2O + 5O_3 = 2HIO_3$ (আয়োডিক অ্যাসিড) $+ 5O_2$

ওজোন লেড সালফাইড, ফেরাস সালফেটের অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণ, সোডিয়াম নাইট্রাইট অথবা পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের দ্রবণ ইত্যাদিকে জারিত করিয়া যথাক্রমে লেড সালফেট, ফেরিক সালফেট, সোডিয়াম নাইট্রেট এবং পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইডে পরিণত করে।

PbS (কালো লেড সালফাইড) $+ 4O_3 = PbSO_4$ (সাদা লেড সালফেট) $+ 4O_2$

$2FeSO_4$ (ফেরাস সালফেট) $+ H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3$ (ফেরিক সালফেট) $+ H_2O + O_2$

$NaNO_2$ (সোডিয়াম নাইট্রাইট) $+ O_3 = NaNO_3$ (সোডিয়াম নাইট্রেট) $+ O_2$

$2K_4[Fe(CN)_6]$ (পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড) $+ H_2O + O_3 = 2K_3[Fe(CN)_6]$ (পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড) $+ 2KOH + O_2$

ওজোন ক্লোরিন ও ব্রোমিনকে উহাদের হাইড্রাসিড হইতে মুক্ত করে।

$2HCl + O_3 = Cl_2 + H_2O + O_2$; $2HBr + O_3 = Br_2 + H_2O + O_2$ ।

প্রশম পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতেও ওজোন আয়োডিনকে মুক্ত করিতে পারে। কিন্তু বিক্রিয়ার ফলে দ্রবণ ক্ষারীয় হইয়া উঠে এবং মুক্ত আয়োডিনের কিয়দংশ আয়োডেট ও আয়োডাইডে রূপান্তরিত হয় (অর্থাৎ পটাসিয়াম আয়োডাইডের জারণ সম্পূর্ণ হয় না)।

$$2KI + O_3 + H_2O = I_2 + 2KOH + O_2$$

$$6KOH + 3I_2 = KIO_3 + 5KI + 3H_2O$$

হাইড্রোজেন আয়োডাইড অথবা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতেও ওজোন আয়োডিন মুক্ত করে, কিন্তু ওজোনের বিজারণের ফলে অক্সিজেন

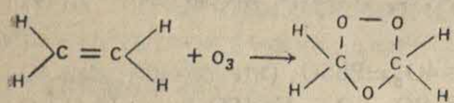
ব্যতীত কিছু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডও প্রাথমিকভাবে উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও অক্সিজেনের একাংশ পার্শ্ব বিক্রিয়া ঘটাইয়া অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে জারিত করে। ফলে শেষ পর্যন্ত ওজোন অণুতে উপস্থিত তিন পরমাণু অক্সিজেনের মধ্যে গড়ে প্রায় দুইটি জারণকার্যে ব্যবহৃত হয়।

$$3O_3 + 6HI = 3I_2 + 3H_2O + 3O_2\ ;\ 4HI + O_3 = 2I_2 + H_2O + H_2O_2$$
$$H_2O_2 + 2HI = 2H_2O + I_2\ ;\ O_2 + 4HI = 2I_2 + 2H_2O$$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়াগুলি দেখিয়া মনে হয় যে, ওজোন প্রথমে বিয়োজিত হইয়া একটি অক্সিজেন অণু এবং একটি অক্সিজেন পরমাণুতে পরিণত হইতেছে এবং প্রায় সব ক্ষেত্রে শুধুমাত্র এই মুক্ত অক্সিজেন পরমাণু বা জায়মান অক্সিজেনই জারণকার্যে অংশগ্রহণ করিতেছে।

কিন্তু কতকগুলি ক্ষেত্রে ওজোন অণুর ভিতরকার তিনটি অক্সিজেন পরমাণুই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। যেমন, ওজোন অ্যাসিডযুক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে জারিত করিয়া স্ট্যানিক ক্লোরাইডে পরিণত করার সময়ে অথবা সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করার সময় সামগ্রিকভাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং কোনও অক্সিজেন উৎপন্ন করে না।

$$\underset{\text{স্ট্যানাস ক্লোরাইড}}{3SnCl_2} + 6HCl + O_3 = \underset{\text{স্ট্যানিক-ক্লোরাইড}}{3SnCl_4} + 3H_2O$$



ইথিলীন ইথিলীন ওজোনাইড

দ্বিযোজী বন্ধন বিশিষ্ট জৈব যৌগের সহিতও ওজোন সামগ্রিকভাবে যুক্ত হইয়া ওজোনাইড গঠন করে।

আপাত বিজারণ ধর্ম : কয়েকটি ক্ষেত্রে ওজোন জারিত পদার্থের অণু হইতে একটি অক্সিজেন পরমাণু বিতাড়িত করিয়া বিজারণ ঘটাইতে পারে। যেমন, ওজোন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বেরিয়াম পার-অক্সাইড বা সিলভার অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে জল, বেরিয়াম অক্সাইড বা ধাতব সিলভার উৎপন্ন করে।

$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2\ ;\ Ag_2O + O_3 = 2Ag + 2O_2$$
$$BaO_2 + O_3 = BaO + 2O_2$$

কিন্তু যেহেতু উপরি-উক্ত বিক্রিয়াগুলিতে ওজোন নিজে জারিত হওয়ার পরিবর্তে বিজারিত হইয়াছে, তাই জারণ-বিজারণের পুরাতন প্রত্যয় অনুযায়ী ওজোন বিজারক দ্রব্য হিসাবে বিক্রিয়া করিয়াছে বলা সঙ্গত নয়। আবার জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় ধারণা অনুযায়ী বিবেচনা করিলেও দেখা যায় যে, ওজোন কোনক্ষেত্রেই ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হয় নাই অর্থাৎ বিজারক হিসাবে কাজ করে নাই।

যেমন $\overset{2(+1)-2}{Ag_2O} + \overset{0}{O_3} = 2\overset{0}{Ag} + 2\overset{0}{O_2}$ বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে সিলভার অক্সাইডের

ভিতরকার (+1) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট সিলভার ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া (0) জারণ-সংখ্যাবিশিষ্ট মুক্ত সিলভারে বিজারিত হয় এবং (−2) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অক্সিজেন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া অর্থাৎ জারিত হইয়া (0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মুক্ত অক্সিজেন উৎপন্ন করে, কিন্তু ওজোন অণুর ভিতরকার (0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট তিনটি পরমাণু বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত অক্সিজেন অণুর মধ্যে (0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট রূপেই বর্তমান থাকে, ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে না অর্থাৎ জারিত বা বিজারিত হয় না। অনুরূপভাবে $\overset{2(-1)}{H_2O_2} + \overset{0}{O_3} = H_2\overset{-2}{O} + 2\overset{0}{O_2}$ বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে মুক্ত অবস্থায় উৎপন্ন দুই অণু অর্থাৎ চার পরমাণু অক্সিজেনের মধ্যে দুইটি অথবা তিনটি অবশ্যই ওজোন অণু হইতে আসিয়াছে। যদি ওজোনের তিনটি পরমাণুই অক্সিজেনরূপে নির্গত হইয়া থাকে তাহা হইলে উহাদের কোনটিরই (0) জারণসংখ্যার কোনও পরিবর্তন ঘটে নাই এবং যদি ওজোনের দুইটি পরমাণু অক্সিজেনে রূপান্তরিত হইয়া থাকে তাহা হইলে উহার তৃতীয় পরমাণু অবশ্যই (−2) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট জলের অক্সিজেন পরমাণুরূপে আত্মপ্রকাশ করিয়াছে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায় ওজোনের পরমাণুগুলি হয় জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে নাই অথবা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হইয়াছে অর্থাৎ জারক দ্রব্যরূপে কাজ করিয়াছে।

বিরঞ্জন ধর্ম ঃ ইনডিগো এবং আরও অনেক জৈব রঞ্জক পদার্থ ওজোন দ্বারা বিরঞ্জিত হয়। তৈল, মোম, শ্বেতসার অথবা গজদন্ত বিরঞ্জনের জন্যও ওজোন ব্যবহার করা হয়। বিরঞ্জনকালে ওজোন জারক দ্রব্য হিসাবে ক্রিয়া করে।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা ঃ

(i) ইহাকে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ মৎস্যগন্ধের জন্য সনাক্ত করা যায়।

(ii) ওজোনের সংস্পর্শে মারকারি উহার প্রবাহ ক্ষমতা হারাইয়া ফেলে।

(iii) সামান্য উষ্ণ সিলভারের পাত ওজোনের সংস্পর্শে কালো হইয়া উঠে।

(iv) অন্যান্য অনেক জারক দ্রব্যের ন্যায় ইহাও অ্যাসিডযুক্ত স্টার্চ আয়োডাইড কাগজকে নীল করে।

(v) ইহা টেট্রামিথাইল বেসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সিক্ত কাগজকে বেগুনী এবং বেঞ্জিনের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সিক্ত কাগজকে বাদামী রঙে রঞ্জিত করে।

(vi) ইহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ন্যায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করিতে অথবা টাইট্যানিল সালফেট দ্রবণকে কমলা বা হলুদ রঙে পরিণত করিতে পারে না।

ওজোনের ব্যবহার ঃ

(i) জীবাণুনাশক ধর্মের জন্য ইহাকে পানীয় জল জীবাণুমুক্ত করার জন্য এবং পাতাল রেলপথ ইত্যাদি বদ্ধ স্থানের বায়ুকে পরিশুদ্ধ করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

(ii) সায়ানোজেনের সহিত একযোগে ইহাকে রকেটের জ্বালানী হিসাবেও ব্যবহার করা হয়।

(iii) তৈল, মোম, শ্বেতসার, গজদন্ত ইত্যাদি বিরঞ্জনের জন্য ওজোনকে ব্যবহার করা যায়।

(iv) পরীক্ষাগারে জারক দ্রব্য হিসাবে এবং অসংপৃক্ত জৈব যৌগের গঠন নির্ধারণের জন্য ওজোন ব্যবহৃত হয়।

(v) বিভিন্ন জৈব দ্রব্যের শিল্পোৎপাদনে জারক দ্রব্য হিসাবে, যেমন আইসো-ইউজিনলকে জারিত করিয়া ভ্যনিলিনে পরিণত করার জন্য ওজোনকে ব্যবহার করা হয়।

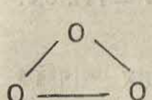
ওজোন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা

	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
(1) আণবিক সঙ্কেত	O_3	H_2O_2
(2) ভৌত-ধর্ম	সাধারণ তাপামত্রায় মৎস্য-গন্ধযুক্ত নীলাভ গ্যাস তার্পিন ও দারুচিনি তৈলে দ্রাব্য।	সাধারণ তাপমাত্রায় স্বচ্ছ, সান্দ্র, নাইট্রিক অ্যাসিডের মত গন্ধযুক্ত তরল।
(3) বিয়োজন	স্থায়িত্ব কম। সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং উত্তপ্ত করিলে দ্রুত বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়। Pt, Ag চূর্ণ বা MnO_2 এই বিয়োজন বিক্রিয়া দ্রুততর করে।	স্থায়িত্ব কম। সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং উত্তপ্ত করিলে দ্রুত বিয়োজিত হইয়া জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। Pt, Ag বা MnO_2 এই বিয়োজন বিক্রিয়া দ্রুততর করে।
(4) নীল লিটমাসের উপর ক্রিয়া	ওজোনের দ্রবণ নীল লিটমাসকে মুহূর্তের জন্য লাল রঙে (সম্ভবত ওজোনিক অ্যাসিড $(OH)_2O{\rightarrow}O$ উৎপত্তির জন্য) পরিবর্তিত করিয়া বিরঞ্জন করে।	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ঘন দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী এবং নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করে।
(5) জারণ-ধর্ম	শক্তিশালী জারক দ্রব্য। অ্যাসিডযুক্ত KI স্টার্চ দ্রবণের মিশ্রণকে নীল করে। কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেট করে।	শক্তিশালী জারক দ্রব্য। অ্যাসিডযুক্ত KI ও স্টার্চ দ্রবণের মিশ্রণকে নীল করে। কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেট করে।
(6) মারকারি ও সিলভার পাতের উপর ক্রিয়া	মারকারির প্রবাহক্ষমতা নষ্ট করে এবং সিলভার পাতকে কালো করে।	মারকারি ও সিলভারের উপর কোনরূপ বিশেষ ক্রিয়া নাই।

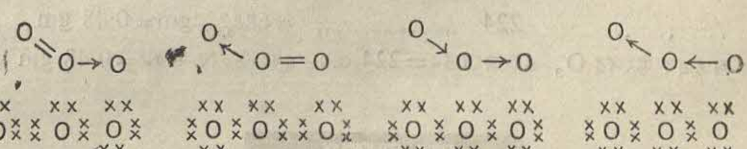
	ওজোন	হাইড্রোজেন ও পার-অক্সাইড
(7) বিজারণ ধর্ম	আপাত বিজারণ-ধর্ম আছে। H_2O_2 বা Ag_2O-কে বিজারিত করে, তবে অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করিতে পারে না।	বিজারণ ধর্ম আছে। Ag_2O Cl_2 ইত্যাদিকে বিজারিত করে এবং অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণকেও বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করিতে পারে।
(8) অ্যাসিডযুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও ইথার	কোনও ক্রিয়া নাই।	মিশ্রিত করিয়া ঝাঁকাইলে ইথারের স্তর ঘন নীলবর্ণ ধারণ করে।
(9) টাইট্যানিল সালফেট দ্রবণ	কোনও ক্রিয়া নাই।	দ্রবণ হলুদ বা কমলাবর্ণ ধারণ করে।
(10) বেঞ্জিডিনের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ	বাদামী বর্ণের উদ্ভব হয়।	কোনও বিশেষ ক্রিয়া নাই।
(11) টেট্রামিথাইলবেসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ	বেগুনী বর্ণের উদ্ভব হয়।	কোনও বিশেষ ক্রিয়া নাই।
(12) $FeSO_4+KI$ +অ্যাসিড	I_2 মুক্ত হয় না।	I_2 মুক্ত হয়।

ওজোনের সঙ্কেত ও গঠন ঃ অক্সিজেন যখন ওজোনে রূপান্তরিত হয় তখন তিন আয়তন অক্সিজেন হইতে দুই আয়তন ওজোন উৎপন্ন হয়। সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প (একই চাপ ও তাপমাত্রায় সমায়তন যে-কোনও গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান) অনুযায়ী দুই অণু ওজোন তিন অণু অক্সিজেন বা ছয় পরমাণু অক্সিজেন দ্বারা গঠিত অর্থাৎ ওজোনের আণবিক সঙ্কেত O_3। ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ধারণ করিয়াও দেখা গিয়াছে যে, তাহার মান 24 অর্থাৎ ওজোনের আণবিক গুরুত্ব 48 এবং উহার সঙ্কেত O_3।

অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 বলিয়া ওজোনের অণুকে সাধারণত বৃত্তীয় গঠনবিশিষ্ট



বলিয়া ধরা হইলেও, পাউলিং-এর মতানুযায়ী ইহা আসলে চারটি ঈষৎ বক্র (127°) মুক্ত শৃঙ্খল বিন্যাসের অনুনাদী সংকর (resonance hybrid)। যথা,



ওজোন সংক্রান্ত কয়েকটি গাণিতিক উদাহরণ ঃ

উদাহরণ 1. প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 600 c.c. ওজোনমিশ্রিত অক্সিজেনের ওজন 1 গ্রাম। মিশ্রণে ওজোনের আয়তন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরা যাক, মিশ্রণে ওজোনের আয়তন $= x$ c.c.

$\therefore$ মিশ্রণে অক্সিজেনের আয়তন $= (600 - x)$ c.c.

N. T. P.-তে 22400 c.c. O_3-এর ওজন $= O_3$-এর গ্রাম আণবিক ওজন অর্থাৎ 48 gm

$\therefore$ „ „ x c.c. „ „ „ $= \frac{48x}{22400}$ gm

আবার N.T.P.-তে 22400 c.c. O_2-এর ওজন $= O_2$-এর গ্রাম আণবিক ওজন অর্থাৎ 32 gm

$\therefore$ „ $(600 - x)$ „ „ $= \frac{32(600 - x)}{22400}$ gm

প্রশ্নানুযায়ী, $\frac{48x}{29400}$ gm $+ \frac{32(600 - x)}{22400}$ gm $= 1$ gm

$\therefore$ $x = 200$ অর্থাৎ O_3-এর আয়তন 200 c.c.

উদাহরণ 2. N.T.P.-তে 2000 c.c. O_2-কে নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণের সাহায্যে আংশিকভাবে ওজোনে পরিণত করায় উহার আয়তন সঙ্কুচিত হইয়া N.T.P.-তে 1888 c.c হইল। উৎপন্ন ওজোনের আয়তন এবং ওজন কত ?

সমাধান ঃ অক্সিজেনের ওজোনে রূপান্তর বিক্রিয়া $\underset{3 \text{ আয়তন}}{3O_2} \rightleftharpoons \underset{2 \text{ আয়তন}}{2O_3}$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়া হইতে বুঝা যায় যে, 3 আয়তন O_2 হইতে 2 আয়তন O_3 উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ 2 আয়তন O_3 উৎপন্ন হইলে আয়তন সঙ্কোচন পরিলক্ষিত হয় $3 - 2 = 1$ আয়তন।

এক্ষেত্রে পরিলক্ষিত আয়তন সঙ্কোচন $= (2000 - 1888)$ c.c. $= 112$ c.c.

$\therefore$ উৎপন্ন O_3-এর আয়তন 112 c.c. $\times 2 = 224$ c.c.

আবার N.T.P.-তে 22400 c.c. O_3-এর ওজন $= O_3$-এর গ্রাম আণবিক ওজন $= 48$ gm

$\therefore$ „ „ 224 „ „ „ $= \frac{48 \times 224}{22400}$ gm $= 0{\cdot}48$ gm

অতএব উৎপন্ন O_3-এর আয়তন $= 224$ c.c. এবং উহার ওজন $= 0{\cdot}48$ gm

সার-সংক্ষেপ

অক্সিজেন

অক্সিজেন প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগারে MnO_2 অনুঘটকের উপস্থিতে $KClO_3$

উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয় : $2KClO_3(+MnO_2) \overset{\triangle}{=} 2KCl + 3O_2$

এতদ্ব্যতীত উচ্চতর অক্সাইড, অক্সি-অ্যাসিড বা অক্সি-অ্যাসিডের লবণকে, অথবা পার-অক্সাইড, পার-অ্যাসিড বা পার অ্যাসিডের লবণকে উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন পাওয়া যায় : $2PbO_2 \overset{\triangle}{=} 2PbO + O_2$

$$4HNO_3 \overset{\triangle}{=} 4NO_2 + 2H_2O + O_2 \; ; \; 2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

$$2Pb(NO_3)_2 \overset{\triangle}{=} 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

$$4K_2Cr_2O_7 = 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2$$

$$2BaO_2 \overset{800°C}{=} 2BaO + O_2 \; ; \; 2H_2SO_5 \overset{\triangle}{=} 2H_2SO_4 + O_2$$

$$2K_2S_2O_8 \overset{\triangle}{=} 2K_2SO_4 + 2SO_3 + O_2$$

সোডিয়াম পার-অক্সাইডে বিন্দু বিন্দু জল যোগ করিলে সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন নির্গত হয় ; $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$

বরধাতুর অক্সাইডকে উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত করিলেও অক্সিজেন পাওয়া যায় ; $2Ag_2O \overset{\triangle}{=} 4Ag + O_2$

সামান্য অম্লযুক্ত জলে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে অথবা সামান্য ক্ষারযুক্ত জলে নিকেল অ্যানোড ও আয়রন ক্যাথোডের মাধ্যমে তড়িৎ চালনা করিলে জল তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যানোডে অক্সিজেন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন মুক্ত করে ; $2O^{=} \rightarrow O_2 + 4e$

অক্সিজেনের রাসায়নিক ধর্ম : অক্সিজেন দহন সহায়ক জারকদ্রব্য। বিভিন্ন ধাতু ও অধাতু অক্সিজেনে দাহিত হইয়া সংশ্লিষ্ট অক্সাইডে পরিণত হয়। অনেক নিম্নতর অক্সাইড, অক্সি-অ্যাসিড ও উহার লবণ এবং আস যৌগ অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় ; $2Na + O_2 = Na_2O_2$; $4Na + O_2 = 2Na_2O$;

$$2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \; S + O_2 = SO_2 \; ; \; C + O_2 = CO_2 \; ;$$

$$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5 \; ; \; 3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4 \; ;$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2 \; ; \; 2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4 \; ;$$

$$2SnCl_2 + 4HCl + O_2 = 2SnCl_4 + 2H_2O$$

হাইড্রোজেন

প্রস্তুত প্রণালী : (1) অ্যাসিড হইতে—তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত ধাতুগুলির সহিত সাধারণত জারকধর্মহীন

অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয় : $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$

Zn (ছিবড়া) $+ H_2SO_4$ (লঘু) $= ZnSO_4 + H_2$;

$Mg + 2HNO_3$ (লঘু) $= Mg(NO_3)_2 + H_2$

(2) ক্ষার হইতে Zn, Al, Sn, Pb ইত্যাদি উভধর্মী ধাতু ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে : $2NaOH + Zn = Na_2ZnO_2 + H_2$

$$2KOH + 2Al + 2H_2O = 2KAlO_2 + 3H_2$$

(3) জল হইতে—সাধারণ উষ্ণতায় : $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$;

ফুটন্ত জল হইতে : $Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$

Zn (চূর্ণ) $+ 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2$;

$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$

স্টীম হইতে লোহিত তপ্ত ধাতুর সাহায্যে : $Zn + H_2O = ZnO + H_2$;

$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$; $Mg + H_2O = MgO + H_2$

এতদ্ব্যতীত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে : $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$

হাইড্রোজেনের রাসায়নিক ধর্ম : হাইড্রোজেন দাহ্য এবং বিশেষত জায়মান বা তপ্ত অবস্থায় উত্তম বিজারক পদার্থ। ইহা অক্সিজেন ও হ্যালোজেনের সহিত সহজেই যুক্ত হয়, তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে উহার নিম্নে অবস্থিত কপার ইত্যাদিকে উত্তপ্ত অবস্থায় উহাদের অক্সাইড হইতে মুক্ত করে, কিন্তু উচ্চতম স্থানাধিকারীদের সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় সরাসরি যুক্ত হয়।

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$; $CuO + H_2 \overset{\Delta}{=} Cu + H_2O$; $2Na + H_2 = 2NaH$

$FeCl_3 + [H]$ (জায়মান) $= FeCl_2 + HCl$

$N_2 + 3H_2 \underset{200\ \text{বায়ুমণ্ডল}}{\overset{Fe, Mo\ ;\ 550°C}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$; $2C + H_2 \overset{\text{তড়িৎস্ফুলিঙ্গ}}{=} C_2H_2$

জল

খরজল ও মৃদুজল : যে-জলে সাবান ঘষিলে সহজেই ফেনা উৎপন্ন হয় তাহাকে মৃদুজল এবং যে-জলে সাবান ঘষিলে সহজে ফেনা উৎপন্ন হয় না, কেবলমাত্র অনেক সাবান অপচয় হইবার পর ফেনা জন্মায়, তাহাকে খরজল বলে। খরতার কারণ জলে দ্রবীভূত Ca^{++}, Mg^{++} অথবা Fe^{++} (উপখরতা)-এর উপস্থিতি। উপরি-উক্ত ক্যাটায়নগুলির সঙ্গে অ্যানায়ন হিসাবে HCO_3^- উপস্থিত থাকিলে খরতাকে অস্থায়ী খরতা এবং Cl^- বা SO_4^{2-} উপস্থিত থাকিলে স্থায়ী খরতা বলা হয়।

খরতা দূরীকরণ বা মৃদুকরণ পদ্ধতিঃ শুধু অস্থায়ী খরতা দূরীকরণের জন্য খরজলকে ফুটানো হয় বা তাহাতে চুন যোগ করা হয়।

$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$;

$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$

$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$;

$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 \downarrow + Mg(OH)_2 \downarrow + 2H_2O$

শুধু স্থায়ী খরতা দূরীকরণের জন্য খরজলে কাপড় কাচা সোডা যোগ করা হয় ;

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

$MgCO_3$ সম্পূর্ণ অদ্রাব্য নহে বলিয়া এই পদ্ধতিতে জল সম্পূর্ণ খরতা মুক্ত হয় না। লাইম-সোডা পদ্ধতিতে একই সঙ্গে সোডা ও চুন যোগ করিয়া স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয়প্রকার খরতা সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায়। চুনের উপস্থিতিতে অস্থায়ী খরতা দূরীকরণের সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াগুলির সংঘটন ছাড়াও শেষোক্ত বিক্রিয়াজাত স্বল্পদ্রাব্য $MgCO_3$ প্রায় সম্পূর্ণ অদ্রাব্য $Mg(OH)_2$-তে পরিণত হয়।

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 \downarrow + Mg(OH)_2 \downarrow$$

পারমুটিট বা জিয়োলাইট পদ্ধতিঃ প্রকৃতিজাত বা সংশ্লেষিত জিয়োলাইটের সাহায্যে স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয়প্রকার খরতা সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায় ;

$2NaZ + Ca^{++} = CaZ_2 + 2Na^+$; $2NaZ + Mg^{++} = MgZ_2 + 2Na^+$

(যেখানে Z = জিয়োলাইটের একটিমাত্র সোডিয়াম আয়নবাহী সক্রিয় অংশ)

দীর্ঘ ব্যবহারে সক্রিয়তা হ্রাস পাইলে জিয়োলাইটকে গাঢ় NaCl দ্রবণের সাহায্যে পুনর্জীবিত করা হয় ; $CaZ_2 + 2NaCl = CaCl_2 + 2NaZ$

$$MgZ_2 + 2NaCl = MgCl_2 + 2NaZ$$

আয়নশূন্য অথবা খনিজশূন্য জলঃ ক্যাটায়নবিনিময়কারী রেজিন ও অ্যানায়ন-বিনিময়কারী রেজিন পূর্ণ পাত্রের ভিতর দিয়া পর্যায়ক্রমে প্রবাহিত হইলে জল সম্পূর্ণ আয়নশূন্য বিশুদ্ধ জলে পরিণত হয়। ক্যাটায়নবিনিময়কারীর একটিমাত্র H^+ বহনকারী অংশের সঙ্কেত R-H এবং অ্যানায়নবিনিময়কারীর একটিমাত্র OH^- বহনকারী অংশের সঙ্কেত R'^-OH ধরিলেঃ $R^-H + NaCl = RNa + HCl$; $R'\text{-}OH + HCl = R'\text{-}Cl + H_2O$

পুনর্জীবিত করার জন্য নিঃশেষিত ক্যাটায়নবিনিময়কারীকে লঘু HCl বা H_2SO_4 দ্বারা এবং অ্যানায়ন বিনিময়কারীকে লঘু NaOH দ্রবণ দ্বারা ধৌত করা হয় ; $R\text{-}Na + HCl = RH + NaCl$; $R'\text{-}Cl + NaOH = R'\text{-}OH + NaCl$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

প্রস্তুতিঃ পরীক্ষাগারে বরফশীতল তাপমাত্রায় 20% H_2SO_4-এর মধ্যে সোদক BaO_2 লেই ধীরে ধীরে যোগ করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + H_2O_2$$

শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে প্রথমে $50\% H_2SO_4$-কে $35°C$-এর নিম্নে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয় এবং পরে উৎপন্ন $H_2S_2O_8$-কে $60°$-$100°C$-এ আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে H_2O_2 পাওয়া যায় ;

$2H_2SO_4 \rightleftharpoons H_2 + H_2S_2O_8$; $H_2S_2O_8 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4 + H_2SO_5$

H_2SO_5 (পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিড) $+ H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4 + H_2O_2$

রাসায়নিক ধর্ম : বিয়োজন – $2H_2O_2 \xrightarrow{Ag,\ MnO_2 \text{ ইত্যাদি}} 2H_2O + O_2$

যুতযৌগ গঠন – $NH_2CONH_2 + H_2O_2 = NH_2CONH_2, H_2O_2$

$NH_3 + H_2O_2 = NH_3, H_2O_2$

অ্যাসিড বিক্রিয়া : $H_2O_2 + Na_2CO_3 = Na_2O_2 + H_2O + CO_2$

$2NaOH + H_2O_2 = Na_2O_2 + 2H_2O$

$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$

জারণ বিক্রিয়া : $HNO_2 + H_2O_2 = HNO_3 + H_2O$

$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$

$2KI + 2HCl + H_2O_2 = 2KCl + 2H_2O + I_2$

$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$

$H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S$

$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3H_2O_2 = K_2SO_4 + 3H_2O + 2HCrO_5$

বিজারণ বিক্রিয়া : $H_2O_2 + Ag_2O = 2Ag + H_2O + O_2$

$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$

$NaOBr + H_2O_2 = NaBr + H_2O + O_2$; $O_3 + H_2O_2 = H_2O + 2O_2$

ওজোন

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে সীমেন্স বা ব্রডী-যন্ত্রে অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণ করিয়া ওজোন গ্যাসে রূপান্তরিত করা হয় ; $3O_2 = 2O_3$

রাসায়নিক ধর্ম : বিয়োজন : $2O_3 \xrightarrow{Pt,\ Ag,\ MnO_2 \text{ ইত্যাদি}} 3O_2$

জারণ ধর্ম : ওজনের সংস্পর্শে মারকারি বহিস্তলে মারকিউরাস অক্সাইড উৎপত্তির জন্য প্রবাহমানতা হারাইয়া ফেলে এবং সিলভার পাতের বহিস্তল জারণের ফলে কালো হইয়া যায় ; $2Hg + O_3 = O_2 + Hg_2O$

$2Ag + O_3 = Ag_2O + O_2$; $2Ag + 2O_3 = Ag_2O_2 + 2O_2$

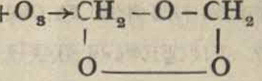
ওজোনের আরো কয়েকটি জারণধর্মী বিক্রিয়া :

$S + H_2O + 3O_3 = H_2SO_4 + 3O_2$

$P_4 + 6H_2O + 6O_3 = 4H_3PO_4 + 4O_2$; $PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$

$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O + O_2$

$3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$

$3SO_2 + O_3 = 3SO_3$; $CH_2=CH_2+O_3 \rightarrow$ 

$2KI + O_3 + H_2O = I_2 + 2KOH + O_2$ (উৎপন্ন I_2 আংশিকভাবে KOH-এর সহিত পার্শ্ববিক্রিয়া ঘটায় এবং KI সম্পূর্ণরূপে জারিত হইতে পারে না।)

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. রসায়নাগারে অক্সিজেন কিভাবে প্রস্তুত করিবে? উহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে কি জান?

2. প্রভাবক বা অনুঘটক কাহাকে বলে? কত প্রকার অনুঘটক আছে? অক্সিজেন প্রস্তুতিতে MnO_2 অনুঘটক হিসাবে কাজ করে– তাহা কিভাবে বুঝা যাইবে?

3. কাচের একটি পরীক্ষানলে HgO তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাসটির নাম কি? $KClO_3$ হইতে এই গ্যাস প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। এক্ষেত্রে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা উচিৎ? [H. S. '61]

4. অক্সিজেন শব্দের অর্থ 'অ্যাসিড উৎপাদক'—এই নামের সার্থকতা উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও। এই নাম কি সব সময়ে সার্থক? [H. S. '64]

5. তাপ প্রয়োগ না করিয়া রসায়নাগারে অক্সিজেন কিভাবে প্রস্তুত করিবে? এইরূপ তিনটি পদার্থের উদাহরণ দাও যাহাদিগকে এককভাবে অথবা অন্য পদার্থের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। [H. S. 1965]

6. কার্বন, সালফার, ফসফরাস সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ম্যাগনেসিয়াম অথবা অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত করিলে কি কি উৎপন্ন হয় সমীকরণ সহযোগে দেখাও।

7. রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন প্রস্তুতির সময় কি কি সতর্কতা অবলম্বন করিবে? ইহার প্রধান ভৌত এবং রাসায়নিক বর্ণগুলি রাসায়নিক সমীকরণসহ লিখ।

8. জল হইতে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবে? ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি কিভাবে করা যায়? একটি গ্যাসজারে হাইড্রোজেন গ্যাস আছে। উহা যে হাইড্রোজেন গ্যাস তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে?

9. জায়মান হাইড্রোজেন বলিতে কি বুঝ? একটি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ কর যে, জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ গ্যাসীয় হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। জায়মান হাইড্রোজেনের অধিক সক্রিয়তার কারণগুলি ব্যাখ্যা কর।

10. অন্তর্ধৃতি কাহাকে বলে? একটি পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও যে, হাইড্রোজেন কয়েকটি ধাতুর দ্বারা অন্তর্ধৃত হয়। হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে লঘু

সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয় কেন ? ঘন সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড লইলে বিক্রিয়াটি কি হইবে ? হাইড্রোজেনের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

11. (i) বায়ু অপেক্ষা হাইড্রোজেন হাল্কা, (ii) হাইড্রোজেন বায়ুতে জ্বলিলে জল উৎপন্ন হয়, (iii) হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিশ্রণ একটি বিস্ফোরক পদার্থ– এইগুলি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিয়া দেখাও।

12. ধাতব এবং অধাতব হাইড্রাইড প্রস্তুতির কয়েকটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। লঘু অ্যাসিড ক্ষার এবং জলীয় বাষ্প হইতে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যাইবে তাহা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর।

13. কিপ্‌ যন্ত্রের বিবরণ দাও। এই যন্ত্রের সাহায্যে কিভাবে হাইড্রোজেন সর্বদা সরবরাহ হইয়া থাকে ?

14. (a) লেড নাইট্রেট, (b) সালফিউরিক অ্যাসিড, (c) নাইট্রিক অ্যাসিড, (d) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড—এই সকল যৌগগুলিতে অক্সিজেনের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করিবে ?

15. কোন রাসায়নিক দ্রব্য ছাড়া জল হইতে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন প্রস্তুতির পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর। অর্থো এবং প্যারা-হাইড্রোজেন বলিতে কি বুঝ ? ইহারা পরস্পরের রূপভেদ না সমাবয়ব (আইসোমার) ? ব্যাখ্যাসহ বুঝাইয়া দাও। হাইড্রোজেনের আইসোটোপ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

16. জলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মগুলি লিখ। প্রমাণ কর যে, জল একটি যৌগিক পদার্থ।

17. খরজল এবং মৃদু জল বলিতে কি বুঝ ? কি কারণে জল খর হয় ? স্থায়ী খরতা এবং অস্থায়ী খরতার কারণ কি ? জলের খরতা দূরীকরণের পদ্ধতিগুলি সমীকরণসহ লিখ।

18. বয়লারে এবং বস্ত্র ধৌতকরণে কোন্‌ জল ব্যবহার করা উচিত। কারণ সহ ব্যাখ্যা কর। পাতিত জলে সামান্য পরিমাণ K_2SO_4 দ্রবীভূত করিলে জলটি খর হইবে কি ?

19. হফম্যানের যন্ত্রের সাহায্যে কিভাবে জলের আয়তন সংযুতি নির্ণয় করা হয়। আয়তন সংযুতি হইতে দেখাও যে, জলের রাসায়নিক সঙ্কেত H_2O। কি অবস্থায় জল Na, Ca, Fe, C, CaO, CaC_2, Na_2O_2, P_2O_5 এবং Mg-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ?

20. রসায়নাগারে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। দেখাও যে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড জারক এবং বিজারক হিসাবে বিক্রিয়া করিতে সক্ষম।

21. হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মগুলি বিবৃত কর। ইহার গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর। প্রমাণ কর যে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

22. তোমাকে দুইটি তরল দেওয়া হইয়াছে। একটি জল এবং অপরটি হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ইহাদিগকে কিভাবে সনাক্ত করিবে ?

23. '25 আয়তন' হাইড্রোজেন পারক্সাইড বলিতে কি বুঝ ? প্রমাণ কর যে, 'V আয়তন' হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ= $\frac{V}{3 \cdot 294}$% হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ।

24. হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্বতঃজারণ বলিতে কি বুঝ ? হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে কিভাবে সনাক্ত করিবে ?

25. হাইড্রোজেন পারক্সাইড এবং জলের রাসায়নিক ধর্মের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

26. রসায়নাগারে কিভাবে ওজোন প্রস্তুত করিবে ? অক্সিজেন এবং ওজোনের মধ্যে কোন্‌টি রাসায়নিকভাবে বেশি সক্রিয় ?

27. (i) ওজোন এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইডের রাসায়নিক ধর্মের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

(ii) ওজোন যে অক্সিজেনের রূপভেদ তাহা কিরূপে প্রমাণ করা যায় ? [H.S. 1979]

28. জলে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত 1 : 8। কি কি পরীক্ষার দ্বারা ইহার যথার্থতা প্রমাণ করিবে ?

29. হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতির বিভিন্ন পর্যায়গুলি আলোচনা কর।

30. (a) ওয়াটার গ্যাস হইতে হাইড্রোজেন কিভাবে পৃথক করা যাইবে ? (b) হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিশ্রণ হইতে অক্সিজেনকে কিভাবে পৃথক করিবে ? (c) অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের মিশ্রণ হইতে নাইট্রোজেন কিভাবে পৃথক করা যায়। অক্সিজেন ও ওজোনের মিশ্রণকে কিভাবে পৃথক করা যাইবে।

31. খরজল বলিতে কি বুঝা যায় ? জলের খরতার কারণ ব্যাখ্যা কর।
[Tripura 1980, H.S. 1978]

32. (a) ল্যাবরেটরিতে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত প্রণালী সমীকরণ-সহ বিবৃত কর।

(b) নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ :

(i) H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড যোগ করা হইল।

(ii) হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হইল।

(c) হাইড্রাজেন পারক্সাইডের দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর। [H. S. 1979]

33. (a) অক্সিজেন হইতে ওজোন কিভাবে পাওয়া যায় ? অক্সিজেন ও ওজোন যে মূলত একই মৌল প্রমাণ কর।

(b) নিম্নলিখিত বস্তুগুলির সঙ্গে ওজোনের বিক্রিয়া কি ?
(i) বিচূর্ণ-রৌপ্য, (ii) KI দ্রবণ, (iii) H_2O_2 দ্রবণ। [H. S. 1980]

34. নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলির স্বপক্ষে যুক্তি দাও :
(i) হাইড্রোজেন অম্ল, জল ও ক্ষার হইতে তৈরি করা যায়।
(ii) অনুঘটক বিক্রিয়ার গতির হার বৃদ্ধি করে। [H. S. 1980]

35. কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ :
i) উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করা হইলে।
(ii) উত্তপ্ত কোক কয়লার উপর দিয়া জলীয় বাষ্প প্রবাহিত হইলে।
[H. S. 1980]

36. (i) H_2O_2 তৈরি করার সময় গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় না কেন ? (ii) H_2O_2 তৈরির জন্য BaO_2-কে প্রথমে জলের সহিত মিশাইয়া লেই করা হয় কেন ? (iii) H_2O_2 যে শক্তিশালী জারক তাহা উপযুক্ত উদাহরণসহ প্রমাণ কর। (iv $KMnO_4$-এর আম্লিক দ্রবণের সহিত H_2O_2-র বিক্রিয়া কি এবং উহা যে জারণ-বিজারণ শ্রেণীর তাহার স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও।
(b) 10 Vol H_2O_2 বলিতে কি বুঝ ? [H. S. 1981 ; Tripura 1985]

37. কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ : স্থায়ী খর জলের সঙ্গে কলিচুন মিশান হইল [সঙ্কেত : খরতা কমিবে না। $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হইবে এবং দ্রবীভূত Mg লবণগুলি Ca লবণে পরিণত হইবে।] [H. S. 1981]

38. শিল্পের প্রয়োজনে হাইড্রোজেনের প্রধান উৎস জল—এই বক্তব্যের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও। [H. S. 1981]

39. (a) কোন্ অবস্থায় জলের সহিত (i) লোহা, (ii) কোকের বিক্রিয়া ঘটে এবং কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় সমীকরণসহ লিখ।
(b) ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের একটি লঘু দ্রবণ খর জল হিসাবে আচরণ করিবে কিনা বুঝাইয়া লিখ। [H. S. 1982]

40. (a) জায়মান হাইড্রোজেন যে সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী বিজারক তাহা দেখাইবার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।
(b) ঠাণ্ডা জল হইতে হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে এরূপ একটি মৌলের নাম কর ও কি বিক্রিয়া ঘটে দেখাও।
(c) ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ উজ্জ্বল সূর্যালোকে রাখিলে কি বিক্রিয়া ঘটে ?
(d) খরজল বয়লারে ব্যবহারের অনুপোযোগী কেন ?
(e) হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ওজোনের মধ্যে কি বিক্রিয়া ঘটে ?
[H. S. 1983]

(f) লঘু H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড যোগ করিলে কি ঘটে ?

41. কারণ ব্যাখ্যা কর :

(i) অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতিতে শব্দহীন বিদ্যুৎ ক্ষরণ করা হয়।

(ii) বেশির ভাগ ধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে না।

(b) HCl যুক্ত স্টানাস ক্লোরাইড দ্রবণে ওজোন গ্যাস চালিত করিলে কি ঘটে ? [H.S. 1984]

42. পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ? ইহা কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয় ? হাইড্রোজেন পারক্সাইডের একটি রাসায়নিক পরীক্ষা লিখ। [Tripura, 1980]

43. ওজোন গ্যাস প্রস্তুত করার একটি পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর। ওজোনকে অক্সিজেনের রূপভেদ বলা হয় কেন ? [Tripura, 1981]

44. খরজল ও মৃদুজল বলিতে কি বুঝায় ? খরজল মৃদু করার পারমিউটিট পদ্ধতির নীতি সংক্ষেপে বুঝাও। [Tripura, 1982]

45. (a) বিভিন্ন অংশ দেখাইয়া কিপ্ যন্ত্র অঙ্কন কর। ইহার সাহায্যে তুমি কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবে ?

(b) জায়মান হাইড্রোজেন কি ? [Tripura, 1983]

46. নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ বর্ণনা কর :

(c) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইডের দ্রবণে ওজোন চালনা করা হইল।

(ঘ) লাল উত্তপ্ত লোহার উপর দিয়া জলীয় বাষ্প চালনা করা হইল।

[Tripura, 1984]

47. হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতির ইলেকট্রোলিসিস পদ্ধতি বর্ণনা কর। 10 আয়তন হাইড্রোজেন পারক্সাইড বলিতে কি বুঝ ? হাইড্রোজেন পারক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত আলোচনা কর। [Tripura, 1982]

48. জলের ওজনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়ের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[Tripura, 1983]

49. একটি নরম সাদা ধাতু A-কে (পারমাণবিক সংখ্যা = 11) জলে ফেলিলে একটি যৌগ B (B জলে দ্রবীভূত হয়) ও একটি গ্যাস C উৎপন্ন হয়।

উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া গ্যাস C-কে প্রবাহিত করিলে তামা ও জল উৎপন্ন হয়। জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রবণে B-এর জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে D যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতিরিক্ত পরিমাণ B-এর দ্রবণ যোগ করিলে অধঃক্ষেপ D সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া যায়।

(i) A, B, C ও D-কে সনাক্ত কর (শুধুমাত্র নাম লিখ)।

(ii) উপরি-উক্ত চারিটি ধাপে কি কি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহা বর্ণনা কর ও সমস্ত ক্ষেত্রেই সমীকরণ দাও। [H. S. 1984]

50. (a) হাইড্রোজেন জারক হিসাবে ব্যবহার করিতে পারে ইহা দেখাইবার জন্য একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া লিখ। (b) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে বিশুদ্ধ দস্তা ব্যবহার করা যায় না কেন? (c) জায়মান হাইড্রোজেন কি? [H. S. 1985]

51. খরজল বলিতে কি বুঝ? জলের খরতার কারণ ব্যাখ্যা কর। কাপড় ধোলাইয়ের কাজে খরজল ব্যবহারে কি কি অসুবিধা হয়? জলের স্থায়ী খরতা দূরীকরণের প্রক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। [Tripura, 1985]

52. হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতির তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতি বর্ণনা কর। উপযুক্ত বিক্রিয়ার সাহায্যে দেখাও যে:

(i) হাইড্রোজেন পারক্সাইড অ্যাসিড হিসাবে ব্যবহার করে। (ii) হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিজারক হিসাবে ব্যবহার করে। [J. E. 1983]

53. জলের খরতার মাত্রা কিভাবে প্রকাশ করা হয়?

1 লিটার জলে 0·001 মোল $MgSO_4$ দ্রবীভূত থাকিলে ঐ জলের খরতা নির্ণয় কর। [Mg-24, S-32, Ca-40] [J. E. 1984]

সঙ্কেত: এক মিলিয়ন গ্রাম জলে বা 1000 লিটার জলে $MgSO_4$-এর পরিমাণ এক মোল এবং উহা দুই মোল $CaCO_3$ অর্থাৎ 200 gm $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত করে। সুতরাং খরতা 200 ppm.

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর:

(i) হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন?

(ii) হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন?

(iii) হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে কেন অনতিশুদ্ধ ও ছিবড়া জিঙ্ক ব্যবহৃত হয়? [H. S. 1985]

(iv) অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করা হয় কেন?

(v) হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতিতে অনার্দ্র বেরিয়াম পারক্সাইডের পরিবর্তে সোদক বেরিয়াম পারক্সাইড ব্যবহার করা হয় কেন? [J. E. 1985, H. S. 1985]

(vi) হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে বরফশীতল পরিবেশে প্রস্তুত করা হয় কেন?

(vii) হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট চূর্ণ যোগ করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় কেন?

(viii) হাইড্রোজেন পারক্সাইডে অম্লধর্মিতা বর্তমান থাকে কেন?

(ix) খরজলে সাবান সহজে ফেনা সৃষ্টি করে না কেন?

(x) বয়লারে খর জল ব্যবহার করা উচিত নয় কেন ?

xi) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে লক্ষণীয় পরিবর্তন ঘটে না, কিন্তু ঐ দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করিলে অনতিবিলম্বে বেগুনী রঙ অন্তর্হিত হয় কেন ?

(xii) প্রাচীন তৈলচিত্র পরিষ্কার করিতে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহার করা হয় কেন ?

(xiii) অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতিতে শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ করা হয় কেন ?
[H. S. 1984]

2. নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলির স্বপক্ষে যুক্তি দাও :

(i) হাইড্রোজেন জারক পদার্থ হিসাবে আচরণ করিতে পারে।

(ii) অক্সিজেন দাহ্য পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করিতে পারে।

(iii) হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিজারক পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করিতে পারে।

(iv) নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীতও সাধারণ গ্যাসগুলির অণু সবসময়ে দ্বিপরমাণুক নয়।

(v) পাতন ব্যতীতও দ্রবীভূত অশুদ্ধিযুক্ত জলকে বিশুদ্ধ করা যায়।

3. কোন্‌গুলি সত্য এবং কোন্‌গুলি অসত্য ?

(i) ওজোন অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর সুস্থিত।

(ii) ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ।

(iii) ওজোন অক্সিজেনের সমাবয়বী।

(iv) ওজোন বিজারক পদার্থ।

(v) খরজল পানীয় হিসাবে অযোগ্য।

(vi) খরজল সাবান দিয়া কাপড় কাচার পক্ষে উপযুক্ত।

(vii) ওজোন অক্সিজেনের একটি আইসোটোপ।

(viii) হাইড্রোজেন পারক্সাইড অক্সিজেনের হাইড্রাইড।

(ix) অর্থো ও প্যারা-হাইড্রোজেন পরস্পরের আইসোটোপ।

4. কি ঘটে তাহা উপযুক্ত সমীকরণসহ বিবৃত কর :

(i) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে জিঙ্ক খণ্ড যোগ করা হইল।

(ii) পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম খণ্ড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হইল।

(iii) লোহিততপ্ত লৌহের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প চালনা করা হইল।
[H. S. 1980]

(iv) উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হইল।

(v) শ্বেততপ্ত কার্বনের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প চালনা করা হইল।

(vi) একটি পরীক্ষানলে মারকিউরিক অক্সাইড লইয়া উত্তপ্ত করা হইল।

(vii) একটি পরীক্ষানলে লেড নাইট্রেট লইয়া উত্তপ্ত করা হইল।

(viii) একটি পরীক্ষানলে পটাসিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া উহার মধ্যে এক টুকরা কাঠকয়লা যোগ করা হইল।

(xi) একটি পরীক্ষানলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট লইয়া উত্তপ্ত করা হইল।

(x) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম ধাতুখণ্ড নিক্ষেপ করা হইল।

(xi) অ্যাসিডমিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড যোগ করা হইল।

(xii) অ্যাসিডমিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করা হইল। [H.S. 1979]

(xiii) প্রলম্বিত লেড সালফাইডসহ জলের মধ্যে হাইড্রোজেন পারক্সাইড যোগ করা হইল।

(xiv) হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করা হইল।

(xv) হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করা হইল।

(xvi) সিলভার অক্সাইডের প্রলম্বনের মধ্যে হাইড্রোজেন পারক্সাইড যোগ করা হইল।

(xvii) বিচূর্ণ রৌপ্য ওজোন পরিমণ্ডলে রাখা হইল। [H.S. 1980]

(xviii) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ওজোন চালনা করা হইল। [H.S. 1980]

(xix) হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে ওজোন চালনা করা হইল। [H.S. '80]

(xx) ইথিলিনকে ওজোনের সংস্পর্শে আনা হইল।

(xxi) ম্যাগনেসিয়াম তারকে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে দহন করিয়া গ্যাসজারে লাল লিটমাস দ্রবণ যোগ করা হইল।

(xxii) ফসফরাস খণ্ডকে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে দহন করিয়া গ্যাসজারে নীল লিটমাস দ্রবণ যোগ করা হইল।

(xxiii) নাইট্রিক অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারকে বায়ুতে উন্মুক্ত করা হইল।

(xxiv) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে বায়ুতে রাখা হইল।

— — —

বায়ু, নাইট্রোজেন ও নাইট্রোজেন যৌগ

[AIR, NITROGEN AND NITROGEN COMPOUND]

[Syllabus : Air, Nitrogen, NH_3N_2O, N_2O_4, HNO_2, HNO_3]

বায়ু

প্রাচীনকাল হইতে সপ্তদশ শতক পর্যন্ত বৈজ্ঞানিকদের ধারণা ছিল যে, বায়ু একটি মৌলিক পদার্থ। 1770-1772 খ্রীস্টাব্দে শীলেই সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে, বায়ু দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ, একটি যাহা দহনকার্য ও শ্বাসপ্রশ্বাসের জন্য প্রয়োজনীয় 'অগ্নিবায়ু' (Fire air) এবং অপরটি, যাহা উপরি-উক্ত কার্যগুলির পক্ষে অনুপযোগী 'প্রতিকূল বায়ু' (Foul air)। ল্যাভয়সিয়র 1775-76 খ্রীস্টাব্দে শীলের মতামতকে সন্দেহাতীতরূপে প্রমাণ করেন এবং শীলে কথিত 'প্রতিকূল বায়ু'র নূতন নামকরণ করেন 'নিষ্প্রাণ বায়ু' (azote)। 1772 খ্রীস্টাব্দে ডানিয়েল রাদারফোর্ড এবং প্রিস্টলে পৃথক পৃথক ভাবে নাইট্রোজেন আবিষ্কার করিয়াছিলেন। 1894 খ্রীস্টাব্দে র‍্যালে এবং র‍্যামজে প্রমাণ করেন যে, বায়ুতে শতকরা প্রায় 1% আর্গন নামে এক নিষ্ক্রিয় গ্যাস উপস্থিত আছে। 1783 খ্রীস্টাব্দে ক্যাভেণ্ডিস লক্ষ্য করেন যে, বিশুদ্ধ শুষ্ক বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন-মাত্রিক অনুপাত প্রায় নির্দিষ্ট; 20·833 আয়তন অক্সিজেন এবং 79·167 আয়তন নাইট্রোজেন (আর্গনসহ)। উপরি-উক্ত উপাদানগুলি ব্যতীত বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উপস্থিত থাকে, যদিও উহাদের পরিমাণ সর্বদা সমান থাকে না। পরবর্তী কালে বায়ুর মধ্যে আর্গন ব্যতীত হিলিয়াম, ক্রিপটন ও জেনন নামের তিনটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অতি সামান্য পরিমাণ উপস্থিতি প্রমাণিত হইয়াছে।

বায়ু যৌগ নহে—মিশ্রণ মাত্র ঃ বায়ু যে মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নহে উহার সমর্থনে নিম্নলিখিত যুক্তিগুলি প্রযোজ্য ঃ

(i) আমরা জানি, যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির অনুপাত সর্বদাই নির্দিষ্ট। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উহার উপাদানগুলির অনুপাতও সুনির্দিষ্ট হইত। কিন্তু বায়ুতে দিবাভাগে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ রাত্রিকাল অপেক্ষা কম হয় অথবা বর্ষাকালে বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ অনেক বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়—এগুলির বিবেচনা বাদ দিয়াও দেখা যায় যে, বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অনুপাতও সর্বত্র সমান নহে। উচ্চ পর্বতের উপর বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ সমতলভূমিতে অক্সিজেনের পরিমাণ অপেক্ষা কম হয়। সুতরাং বায়ু যৌগিক পদার্থ নহে।

(ii) বায়ুতে উপস্থিত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনভিত্তিক অনুপাত

সরল ভগ্নাংশ নহে। ইহাদের মান 79 : 21 অর্থাৎ বায়ু যৌগ হইলে উহার আণবিক সঙ্কেত হইত $N_{79}O_{21}$। অথচ আমরা জানি যে, রাসায়নিক বিক্রিয়া-কালে পরমাণুগুলি সরল অনুপাতে পরস্পরের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং বায়ু রাসায়নিক সংযোগে উৎপন্ন যৌগ বলিয়া মনে হয় না।

(iii) বায়ুতে উপস্থিত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনমাত্রিক অনুপাতকে 4 : 1 বলিয়া গ্রহণ করিলেও দেখা যায় যে, সেক্ষেত্রে বায়ুর সরলতম আণবিক সঙ্কেত দাঁড়ায় N_4O এবং তদনুযায়ী আণবিক গুরুত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 72 ও 36। কিন্তু বায়ুর বাষ্পীয় ঘনত্ব 14·4 যাহা 14 বাষ্পীয় ঘনত্ববিশিষ্ট নাইট্রোজেনের এবং 16 বাষ্পীয় ঘনত্ববিশিষ্ট অক্সিজেনের 4 : 1 আয়তনভিত্তিক অনুপাতে মিশ্রিত মিশ্রণের গড়ের সমান। সুতরাং এক্ষেত্রেও আমরা এই সিদ্ধান্তে উপনীত হই যে, বায়ু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের প্রায় 4 : 1 আয়তনভিত্তিক অনুপাতের এক মিশ্রণ।

(iv) আমরা জানি যে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে একটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হইবার সময় উত্তাপ গৃহীত অথবা বর্জিত হইবেই। কিন্তু বাতাসে যে-অনুপাতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন উপস্থিত থাকে সেই অনুপাতে উহাদিগকে, অর্থাৎ 79 আয়তন নাইট্রোজেনের সহিত 21 আয়তন অক্সিজেনকে মিশ্রিত করিলে কোনরূপ উত্তাপ গৃহীত বা বর্জিত হইবে না, অথচ মিশ্রণটিতে সাধারণ বায়ুর সকল ধর্ম (কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প অথবা আর্গনের উপস্থিতিজনিত বৈশিষ্ট্যগুলি বাদ দিয়া) উপস্থিত থাকিবে। মিশ্রণের আপেক্ষিক তাপ, প্রতিসরাঙ্ক ইত্যাদি ভৌতধর্ম বিশুদ্ধ উপাদানগুলির ভৌতধর্মের মাঝামাঝি মানের এবং বায়ুর সমকক্ষ হইবে। ইহাতে প্রতীয়মান হয় যে, বায়ু মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নহে।

(v) বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উহার উপাদানগুলির ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া নূতন ধর্মের উদ্ভব হইত। কিন্তু বায়ুর মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প, অক্সিজেন বা নাইট্রোজেন ইত্যাদি প্রত্যেকটি উপাদানের ধর্মই উপস্থিত থাকে এবং তাই আমরা চুনের জলকে (কার্বন ডাই-অক্সাইডের জন্য) ঘোলা হইতে, বরফ-ভরা গেলাসের গায়ে (বায়ুতে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির জন্য) জলবিন্দু জমিতে, বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসকে (অক্সিজেন গ্যাসের উপস্থিতির জন্য) বায়ুর সংস্পর্শে বাদামী বর্ণ ধারণ করিতে এবং পূর্বোক্ত উপাদানগুলি পৃথক করার পর অবশিষ্ট গ্যাসকে (নাইট্রোজেনের উপস্থিতির জন্য) উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড গঠন করিতে দেখি। সুতরাং বায়ু যে যৌগিক পদার্থ নহে, মিশ্র পদার্থ মাত্র, তাহা বুঝিতে অসুবিধা হয় না।

(vi) বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত প্রায় 4 : 1 হইলেও, জলে অক্সিজেনের অধিক দ্রাব্যতা হেতু জলে দ্রবীভূত বায়ুর মধ্যে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত ভিন্ন—প্রায় 2 : 1। বায়ু মিশ্র পদার্থ ও উহার মধ্যে উপাদানগুলির নিজস্ব ভৌতধর্মগুলি অক্ষুণ্ণ থাকে বলিয়াই এমন হয়।

(vii) বায়ু যৌগিক পদার্থ নহে বলিয়াই ইহার উপাদানগুলিকে সহজ ভৌত

উপায়ে পৃথক করা যায়। তরল বায়ুকে আংশিক পাতন করিলে অধিকতর উদ্বায়ী নাইট্রোজেন বাষ্পীভূত হইয়া পৃথক হইয়া যায় এবং অক্সিজেন পড়িয়া থাকে। আবার পোড়ামাটির সচ্ছিদ্র দেওয়ালের মধ্য দিয়া ব্যাপিত করিলে ভিতরকার নাইট্রোজেন কম আণবিক গুরুত্বসম্পন্ন হওয়ার জন্য অধিকতর দ্রুতবেগে ব্যাপিত হয় এবং ব্যাপন শেষে প্রাপ্ত বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ বাড়িয়া যায়।

বায়ুর আয়তনভিত্তিক সংযুতি

(i) ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা ঃ

(ক) টিন লইয়া ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা ঃ এই পরীক্ষায় ল্যাভয়সিয়র একটি বকযন্ত্রে সূক্ষ্মরূপে ওজন করা কিছু টিন লইয়া বকযন্ত্রটির খোলামুখ বন্ধ করিয়া দেন এবং দীর্ঘকাল তাপিত করেন। তিনি দেখিতে পান যে, টিন আংশিকভাবে একটি কৃষ্ণবর্ণ কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হইয়াছে এবং বকযন্ত্রটিকে শীতল করিয়া পুনরায় ওজন করিলে উহার ওজনে কোনও বৈষম্য পরিলক্ষিত হয় না। অতঃপর বকযন্ত্রটির বন্ধ মুখ খোলার পর কিছু বায়ু বকযন্ত্রটির ভিতরে প্রবেশ করে এবং বকযন্ত্রটিকে ওজন করিয়া দেখা যায় যে, উহার ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। এইবার ল্যাভয়সিয়র তাপজারিত টিনের খণ্ডগুলি বকযন্ত্র হইতে বাহির করিয়া ওজন করেন এবং দেখিতে পান যে, উহাদের ওজনও বাড়িয়া গিয়াছে এবং টিনখণ্ডগুলির যে-পরিমাণ ওজন বাড়িয়াছে তাহা বায়ুপ্রবেশের পর বকযন্ত্রটির ওজন যে-পরিমাণ বাড়িয়াছিল প্রায় তাহার সমান।


চিত্র 2.1 ল্যাভয়সিয়র

ল্যাভয়সিয়র আরও লক্ষ্য করেন যে, বদ্ধ পাত্রের ভিতরকার সমগ্র বায়ু টিনের সহিত বিক্রিয়া করে নাই, এমন একটি অংশ অবশিষ্ট আছে যাহা কপার, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর সহিত এমনকি উত্তপ্ত অবস্থাতেও বিক্রিয়া করে না।

উপরি-উক্ত পর্যবেক্ষণগুলি হইতে ল্যাভয়সিয়র নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তে উপনীত হইলেন ঃ

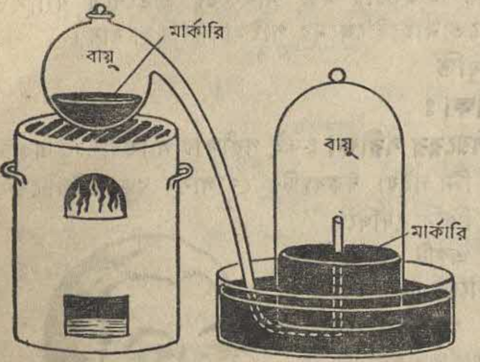
(1) টিনের ওজনবৃদ্ধির একমাত্র কারণ, যে-বায়ুতে টিনকে তাপজারিত করা হইয়াছিল সেই বায়ুর একটি অংশকে টিন শোষণ করিয়াছে।

(2) বকযন্ত্রের ভিতরকার বায়ু সমগ্র টিন 'সম্পৃক্ত' করার পক্ষে যথেষ্ট নয়। উপস্থিত বায়ুর কেবলমাত্র একটি অংশ টিনের সহিত সংযুক্ত হয়। কিন্তু অপর একটি অংশ সর্বদাই অবশিষ্ট থাকিয়া যায়।

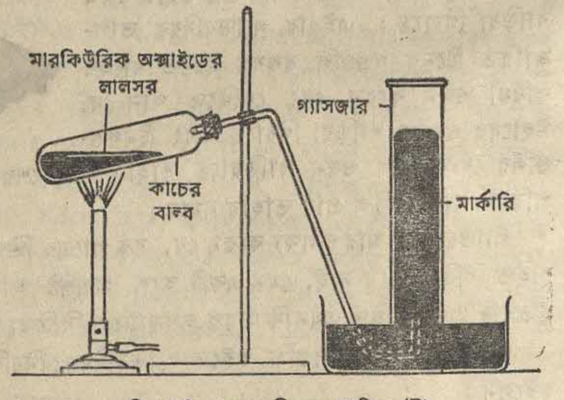
(3) তাপজারণের ফলে টিনের যে-পরিমাণ ওজন বাড়ে বকযন্ত্রের ভিতরকার বায়ুর ওজন ঠিক সেই পরিমাণে কমিয়া যায়।

(4) খুব সম্ভব বায়ুর মধ্যে কমপক্ষে দুইটি উপাদান আছে এবং তাহাদের মধ্যে কেবলমাত্র একটি তপ্ত ধাতু-কর্তৃক শোষিত হয়।

(খ) মারকারি লইয়া ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা : 1774 খ্রীস্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিস্টলে লক্ষ্য করেন, মারকারিকে বায়ুসংস্পর্শে ফুটাইবার ফলে যে-লালবর্ণের মারকারি ভস্ম উৎপন্ন হয় তাহাকে উত্তল লেন্স-সৃষ্ট অভিসারী সূর্যরশ্মির সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে এমন একটি গ্যাস নির্গত হয়, যাহার মধ্যে জ্বলন্ত মোমবাতি আরও উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। প্রিস্টলের উপরি-উক্ত পরীক্ষার বিবরণ শুনিবার পর ল্যাভয়সিয়র মারকারির সাহায্যে বায়ুর সংযুতি নির্ণয়ে অগ্রসর হন এবং 1775 খ্রীস্টাব্দে পরীক্ষা দ্বারা সন্দেহাতীতরূপে প্রমাণ করেন যে, বায়ুতে অন্তত দুই প্রকার ভিন্নধর্মী গ্যাস উপস্থিত আছে। পরীক্ষার জন্য তিনি একটি বকযন্ত্রের নির্গম-নলকে বাঁকাইয়া লন এবং বকযন্ত্রে অল্প (4 আউন্স) পারদ লইয়া উহার বক্র নির্গম-নলটিকে একটি পারদপূর্ণ পাত্রের উপর উল্টাইয়া রাখা অংশাঙ্কিত বেলজারের মধ্যে ঢুকাইয়া দেন (চিত্র 2.2)। অতঃপর বকযন্ত্রটির ভিতরের মারকারিকে 12 দিন কাঠকয়লার আঁচে ফুটাইবার পর দেখা যায় বকযন্ত্রটির ভিতরের মারকারির উপর লাল রঙের মারকিউরিক অক্সাইডের আঁশ ভাসিতেছে এবং বেলজারের বায়ু সঙ্কুচিত হইতে হইতে একটি স্থানে আসিয়া স্থির হইয়া গিয়াছে। মাপিয়া দেখা যায় যে, বেলজারে আবদ্ধ বায়ুর প্রায় এক-পঞ্চমাংশ স্থান মারকারি দ্বারা অধিকৃত হইয়াছে। অবশিষ্ট চার-পঞ্চমাংশ স্থান অধিকারী বায়ুর মধ্যে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যায় যে, শলাকাটি নিভিয়া গিয়াছে। একটি জীবন্ত ইঁদুর ছাড়িয়া দিয়া দেখা যায় যে, তাহার মৃত্যু ঘটিয়াছে। দহনকার্য ও প্রাণধারণের অনুপযোগী বায়ুর এই অংশকে ল্যাভয়সিয়র অ্যাজোট বায়ু অর্থাৎ 'নিষ্প্রাণ বায়ু' নাম দেন। ফ্রান্সে এখনও এই গ্যাস অর্থাৎ নাইট্রোজেন 'অ্যাজোট' নামে পরিচিত।



চিত্র 2.2 ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা (A)



চিত্র 2.3 ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা (B)

অতঃপর ল্যাভয়সিয়র পূর্বোক্ত বকযন্ত্র হইতে লালরঙের 'আঁশগুলি' পৃথক করিয়া অন্য একটি পাত্রে লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলেন (চিত্র 2.2) এবং উদ্ভূত গ্যাসকে মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করিয়া দেখিলেন যে, সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন প্রথমোক্ত পরীক্ষায় বেলজারের মধ্যে লওয়া বায়ুর আয়তনের প্রায় এক-পঞ্চমাংশ এবং প্রথম পরীক্ষায় বায়ুর আয়তনের যেটুকু অংশ মারকারি দ্বারা শোষিত হইবার ফলে কমিয়া গিয়াছিল—সেইটুকু অংশের আয়তনের সমান। এই গ্যাসে জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইয়া দেখা গেল যে, শলাকাটি আরও উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতেছে এবং ইঁদুর ছাড়িয়া দিয়া দেখা গেল যে, ইঁদুরটি বাঁচিয়া আছে। ল্যাভয়সিয়র বায়ুর এই অংশের নাম দেন, প্রথমে 'প্রাণবায়ু' (vital air) এবং পরে পরিবর্তিত করিয়া 'অক্সিজেন'।

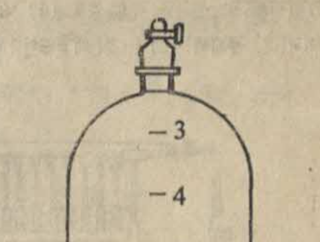
উপরি-উক্ত পরীক্ষা দুইটি হইতে ল্যাভয়সিয়র নিম্নের সিদ্ধান্তে উপনীত হইলেন :

(ক) বায়ু অক্সিজেন এবং অ্যাজোট বা নাইট্রোজেন এই দুই গ্যাসের মিশ্রণ। আয়তন হিসাবে বায়ুর অর্থাৎ এই মিশ্রণের এক-পঞ্চমাংশ অক্সিজেন এবং অবশিষ্টাংশ নাইট্রোজেন।

(খ) বায়ুতে উপস্থিত কেবলমাত্র এই অক্সিজেন অংশটুকুই শ্বাসকার্যে ও দহন কার্যে সাহায্য করে এবং তাপজারণ কালে ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

(ii) বেলজারে ফসফরাসের দহন পরীক্ষা :

বেলজারে ফসফরাসের দহন পরীক্ষার সাহায্যেও বায়ুর আয়তনভিত্তিক সংযুতি নির্ণয় করা যায়। এই পরীক্ষায় একটি পোর্সেলিন মুচির মধ্যে কিছু সাদা ফসফরাস লইয়া মুচিটিকে একটি আংশিক জলপূর্ণ পাত্রে জলের উপর ভাসাইয়া রাখা হয় এবং একটি অংশাঙ্কিত ও কাচের ছিপিযুক্ত বেলজার দিয়া ভাসমান মুচিটিকে চাপা দিয়া ভিতরের ও বাহিরের জলতলকে ছিপি খুলিয়া একই তলে লইয়া আসার পর বেলজারের ভিতরের বায়ুর আয়তন নির্ণয় করা হয়। অতঃপর একটি প্রজ্বলিত শলাকার সাহায্যে মুচির ভিতরকার ফসফরাসে অগ্নিসংযোগ করিয়া দ্রুত শলাকাটি অপসারিত ও বেলজারের ছিপি বন্ধ করা হয় (চিত্র 2.4)। ফসফরাস কিছুক্ষণ জ্বলিবার পর নিভিয়া যাইবে এবং বেলজারের ভিতরকার বায়ু শীতল হইবার পর দেখা যাইবে যে, উহার আয়তন কমিয়া গিয়াছে এবং কাচপাত্র হইতে কিছু জল বেলজারের মধ্যে প্রবেশ করিয়া ভিতরকার জলতলকে উচ্চতর করিয়া তুলিয়াছে। এবার কাচপাত্রে জল ঢালিয়া বেলজারের ভিতরের ও বাহিরের জলতলকে পুনরায় একই তলে লইয়া আসিলে দেখা যাইবে যে, বেলজারের ভিতরকার বায়ুর আয়তন কমিয়া গিয়া প্রাথমিক আয়তনের চার-পঞ্চমাংশে পরিণত হইয়াছে।



চিত্র 2.4 বেলজার পরীক্ষা

এইরূপে এই পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হয় যে, বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ আয়তন ফসফরাসের দহনকার্যে সহায়তা করে এমন গ্যাস অর্থাৎ অক্সিজেন এবং অবশিষ্ট চার-পঞ্চমাংশ আয়তন দহনকার্যে সহায়তা করে না এমন গ্যাস অর্থাৎ নাইট্রোজেন দ্বারা অধিকৃত। সুতরাং বায়ু একটি মিশ্রণ যাহার মধ্যে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনভিত্তিক অনুপাত 1 : 4।

বেলজারের মধ্যে ফসফরাস-দহনের উপরি-উক্ত পরীক্ষা বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতির জন্যও পরীক্ষাগারে সম্পাদন করা হয়। দহনের ফলে ফসফরাস ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডে পরিণত হইয়া বায়ুর অক্সিজেনকে দূরীভূত করে এবং উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

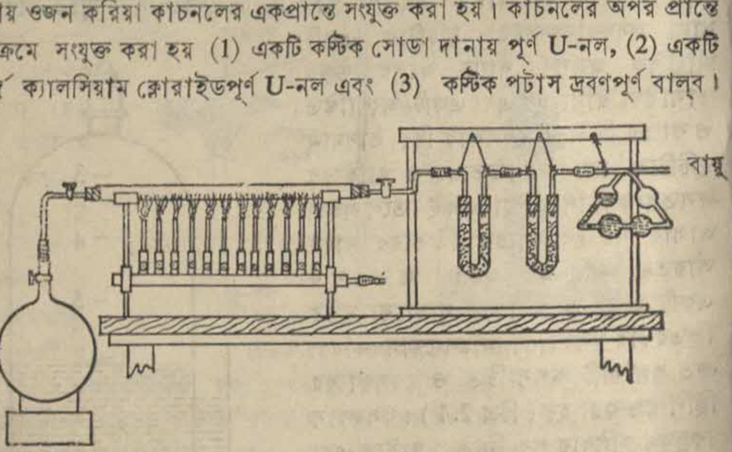
$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$ (ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড)

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (ফসফোরিক অ্যাসিড)

অবশ্য এইরূপে বায়ুর অক্সিজেন অংশ অপসারণের পর অবশিষ্টাংশ বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন নহে। উহা প্রায় 1% আর্গন এবং অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে।

বায়ুর ওজনভিত্তিক সংযুতি

ডুমাসের পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে একটি দুইদিকে স্টপ্‌কক্‌যুক্ত দীর্ঘ দৃঢ় কাচনলের মধ্যে কপারের ছাঁট (copper turning) লইয়া বায়ুশূন্য করার পর নির্ভুলভাবে ওজন করা হয়। অতঃপর একটি স্টপ্‌কক্‌যুক্ত বৃহৎ গোলককে বায়ুশূন্য অবস্থায় ওজন করিয়া কাচনলের একপ্রান্তে সংযুক্ত করা হয়। কাচনলের অপর প্রান্তে পর্যায়ক্রমে সংযুক্ত করা হয় (1) একটি কস্টিক সোডা দানায় পূর্ণ U-নল, (2) একটি অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নল এবং (3) কস্টিক পটাস দ্রবণপূর্ণ বাল্‌ব।



চিত্র 2.5 বায়ুর ওজনভিত্তিক সংযুতি (ডুমাসের পরীক্ষা)

এইবার কাচনলটিকে উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া লোহিত তপ্ত করা হয় এবং স্টপ্‌কক্‌-গুলিকে খুলিয়া বায়ুকে ধীরে ধীরে শূন্য গোলকের মধ্যে প্রবেশের সুযোগ দেওয়া হয়। ভিতরে প্রবেশের সময় বায়ুর ভিতরকার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প কস্টিক পটাস বাল্‌ব ও U-নলগুলিতে শোষিত হয় এবং কার্বনডাই-অক্সাইডহীন শুষ্ক বায়ু উত্তপ্ত কাচনলের ভিতর দিয়া কাচগোলকে প্রবেশের সময় কপার ছাঁটের

সহিত বিক্রিয়া করিয়া উৎপন্ন কপার অক্সাইডের মধ্যে নিজের অক্সিজেন অংশ ত্যাগ করিয়া যায় (চিত্র 2.4)।

এইরূপে শূন্য কাচগোলকটি ধীরে ধীরে নাইট্রোজেন গ্যাসে পূর্ণ হইয়া উঠে এবং পূর্ণ হইবার পর যন্ত্রটিকে শীতল এবং স্টপ্‌কক্‌গুলিকে বন্ধ করিয়া, কাচগোলক ও দীর্ঘ কাচনলটিকে খুলিয়া আলাদা আলাদা ভাবে আবার ওজন করা হয়। কাচগোলকটির দ্বিতীয় ওজন হইতে প্রথম ওজন বিয়োগ করিলে কাচগোলকের ভিতরকার নাইট্রোজেনের ওজন পাওয়া যায় এবং দীর্ঘ কাচনলটির দুইটি ওজনের অন্তর উহার মধ্যে শোষিত অক্সিজেন ও উপস্থিত নাইট্রোজেনের মোট ওজন সূচিত করে। সুতরাং কপার দ্বারা শোষিত অক্সিজেনের প্রকৃত ওজন নির্ণয়ের জন্য দীর্ঘ কাচনলটিকে বায়ুশূন্য করিয়া তৃতীয়বার ওজন করা হয় (কপার অক্সাইডসহ)। এই তৃতীয় ওজনকে দ্বিতীয় ওজন হইতে বিয়োগ করিয়া নলে অবস্থিত নাইট্রোজেনের ওজন এবং তৃতীয় ওজন হইতে প্রথম ওজন বিয়োগ করিয়া কপার দ্বারা শোষিত অক্সিজেনের প্রকৃত ওজন পাওয়া যায়। নলে অবস্থিত নাইট্রোজেনের ওজনের সহিত গোলকে অবস্থিত নাইট্রোজেনের ওজন যোগ করিলে শোষিত অক্সিজেনের সহিত যে-নাইট্রোজেন একযোগে বায়ুতে উপস্থিত ছিল তাহার মোট পরিমাণ পাওয়া যাইবে।

যদি গোলকে উপস্থিত নাইট্রোজেনের ওজন W_1 গ্রাম, কাচনলে (কপার অক্সাইড রূপে) শোষিত অক্সিজেনের ওজন W_2 গ্রাম এবং কাচনলে উপস্থিত নাইট্রোজেনের ওজন W_3 গ্রাম হয়, তাহা হইলে

অক্সিজেনের ওজন $= W_2$ গ্রাম ; নাইট্রোজেনের ওজন $= W_1 + W_3$ গ্রাম

বায়ুর ওজন $= W_1 + W_2 + W_3$ গ্রাম

$$\therefore \text{ অক্সিজেনের শতকরা অংশ} = \frac{W_2}{W_1 + W_2 + W_3} \times 100$$

$$\text{এবং নাইট্রোজেনের শতকরা অংশ} = \frac{W_1 + W_3}{W_1 + W_2 + W_3} \times 100$$

উপরি-উক্ত পরীক্ষার সাহায্যে ডুমাস ও বৌসিং গাউল্ট এই সিদ্ধান্তে উপনীত হইয়াছিলেন যে, বায়ুতে অক্সিজেনের ওজনভিত্তিক শতকরা অংশ 23% এবং নাইট্রোজেনের (আসলে নাইট্রোজেন + আর্গনের) শতকরা অংশ 77% ।

বায়ুর উপাদান ও উহাদের চক্র :

শুষ্ক বায়ুর উপাদানগুলির শতকরা অনুপাত নিম্নরূপ :

	আয়তনভিত্তিক	ওজনভিত্তিক
নাইট্রোজেন	78·095%	75·527%
অক্সিজেন	20·939%	23·140%
আর্গন	0·933%	1·284%
কার্বন ডাই-অক্সাইড	0·031%	0·047%

অবশ্য ঋতু ও স্থান অনুযায়ী উপরি-উক্ত উপাদানগুলির সহিত বিভিন্ন পরিমাণ জলীয় বাষ্প উপস্থিত থাকে। যে-তিনটি প্রধান চক্র বায়ুর উপাদানগুলির সমতা রক্ষা করে সেগুলি যথাক্রমে (ক) অক্সিজেন-কার্বন ডাই-অক্সাইড চক্র বা কার্বন চক্র, (খ) নাইট্রোজেন চক্র, (গ) জলচক্র।

অক্সিজেন ঃ বায়ুর সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ উপাদান অক্সিজেন বায়ুর আয়তনের প্রায় এক-পঞ্চমাংশ অধিকার করিয়া আছে। বায়ুতে অক্সিজেন আছে বলিয়াই জীবগণ শ্বাসকার্য চালাইয়া জীবন রক্ষা করিতে পারে। দাহ্য বস্তুকে দহন করা সম্ভব হয়।

বায়ুতে অক্সিজেনের অস্তিত্বের প্রমাণ ঃ

(ক) বায়ুকে ক্ষারীয় প্যাইরোগালেট দ্রবণের মধ্যে চালিত করিলে বায়ুর আয়তনের প্রায় এক-পঞ্চমাংশ উক্ত দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়। অক্সিজেন শোষণ করা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের ধর্ম। সুতরাং বায়ুতে অক্সিজেন উপস্থিত আছে।

(খ) একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল সংযুক্ত উল্‌ফ্ বোতলের মধ্যে কিছু কপারের ছাঁট (copper turning) লইয়া বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে মধ্যম ঘন (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিড বিন্দু বিন্দু যোগ করিলে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া প্রথমে বোতলের ভিতরকার বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিবে এবং বাদামী বর্ণের গ্যাসে বোতলটি পূর্ণ হইয়া যাইবে ; কিন্তু উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডের স্রোতের সহিত বোতলের ভিতরকার সমগ্র বায়ুর অপসারণের পর বোতলের অভ্যন্তরভাগ আবার বর্ণহীন হইয়া উঠিবে। কেননা নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস। কিন্তু দেখা যাইবে যে, ঐ বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহিরে আসার পর বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নির্গম-নলের সামান্য দূরে ঘন বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের কুণ্ডলী সৃষ্টি করিতেছে।

$$\underset{\text{নাইট্রিক-অক্সাইড}}{2NO} + O_2 = \underset{\text{নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড}}{2NO_2}$$

অক্সিজেনের সহিত সাধারণ তাপমাত্রায় যুক্ত হইয়া বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইডের এক বিশেষ ধর্ম। সুতরাং প্রমাণিত হইতেছে যে, বায়ুতে অক্সিজেন উপস্থিত আছে।

(গ) বেরিয়াম অক্সাইডকে 500-600° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় বায়ুর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে উহা বেরিয়াম পার-অক্সাইডে পরিণত হয়। আবার এই বেরিয়াম পার-অক্সাইডকে 800° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় অধিকতর উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন নির্গত হয় এবং প্রারম্ভিক যৌগ বেরিয়াম অক্সাইডকে পুনরায় ফিরিয়া পাওয়া যায়।

$$2BaO + O_2 = BaO_2 \ (500°\text{-}600°C)$$
$$2BaO_2 = 2BaO + O_2 (800°C)$$

বায়ুতে অক্সিজেন আছে বলিয়াই এইরূপে বায়ু হইতে অক্সিজেন পৃথক করা সম্ভব হয়।

অক্সিজেন কার্বন ডাই-অক্সাইড চক্র (কার্বন চক্র) : যাবতীয় প্রাণী ও উদ্ভিদ প্রশ্বাসের সহিত যে-অক্সিজেন গ্রহণ করে তাহার কিয়দংশ কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া নিঃশ্বাসের সহিত বাহির হইয়া যায়। এছাড়া বিভিন্ন জৈব ও অজৈব পদার্থ দহন ও জারণের সময় বায়ুর অক্সিজেন শোষণ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অন্যান্য অক্সাইড উৎপন্ন করে। নিরন্তর এইসব বিক্রিয়া ঘটিতেছে বলিয়া মনে হইতে পারে যে, বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেনের পরিমাণ কমিতে কমিতে একেবারে নিঃশেষ হইয়া যাইবে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বিপুলভাবে বাড়িয়া যাইবে। কিন্তু তিনটি বিপরীত প্রক্রিয়ার জন্য তাহা ঘটে না এবং অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের অনুপাতে সাম্যাবস্থা রক্ষিত হয়। এই প্রক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ :

(i) উদ্ভিদ তাহার সবুজকণার (chlorophyll) সাহায্যে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে যে-সালোকসংশ্লেষ ঘটায় তাহার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড আবার অক্সিজেনে রূপান্তরিত হয়। উদ্ভিদের এই কার্বন আত্মীকরণ প্রক্রিয়া দুইটি ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমে কার্বন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সম-আয়তন অক্সিজেন ও ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে।

$$CO_2 + H_2O \underset{\text{সূর্যালোক}}{\overset{\text{সবুজকণা}}{=}} O_2 + HCHO \text{ (ফরম্যাল ডিহাইড)}$$

এই ফরম্যালডিহাইড অতঃপর সংযুতায়ন বিক্রিয়া ঘটাইয়া(polymerisation) হইয়া শর্করাজাতীয় খাদ্যে পরিণত হয়।

$$6HCHO = C_6H_{12}O_6 \text{ (গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ ইত্যাদি)}$$

$$nC_6H_{12}O_6 = (C_6H_{10}O_5)_n \text{ (শ্বেতসার)} + nH_2O$$

ফরম্যালডিহাইডের সহিত যে-অক্সিজেন উৎপন্ন হইয়াছিল তাহা পুনরায় বায়ুতে মিশিয়া যায়।

(ii) দ্বিতীয়ত, কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে অতিশয় দ্রাব্য হওয়ার ফলে নদী, সমুদ্র অথবা বৃষ্টির জলে ইহার একটি অংশ দ্রবীভূত হইয়া বায়ু হইতে অপসারিত হয়।

(iii) বিভিন্ন খনিজ ও প্রস্তর কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় (weathering of rocks etc.)।

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3} + CO_2 + H_2O = \underset{\text{ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2}$$

নাইট্রোজেন : বায়ুর প্রধান অংশ নাইট্রোজেন। বায়ুর সমগ্র আয়তনের প্রায় চার-পঞ্চমাংশই এই গ্যাস দ্বারা গঠিত। নাইট্রোজেনের উপস্থিতির ফলে বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত অক্সিজেনের সক্রিয়তা অনেক হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়াছে এবং আমাদের পরিচিত জীবজগতের বর্তমান রূপে অস্তিত্ব সম্ভব হইয়াছে। নাইট্রোজেনের উপস্থিতি দ্বারা লঘুতা প্রাপ্ত না হইলে, বিশুদ্ধ অক্সিজেনের পরিবেশে মানুষ এবং বর্তমান যুগের অধিকাংশ প্রাণী ফুসফুস-প্রদাহের ফলে ধ্বংসপ্রাপ্ত হইত। নাইট্রোজেনের

রাসায়নিক সক্রিয়তা খুবই কম। অথচ নাইট্রোজেন যৌগ ব্যতীত জীবকোষের প্রধান উপাদান গঠিত হইতে পারে না। তাই জীবজগতের পুষ্টি ও বংশবিস্তারের জন্য নাইট্রোজেনঘটিত যৌগ অত্যাবশ্যক।

বায়ুতে নাইট্রোজেনের অস্তিত্বের প্রমাণ ঃ বায়ুতে অক্সিজেনকে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণের সাহায্যে অথবা বেলজারের অভ্যন্তরে জলের উপস্থিতিতে ফসফরাস দহনের দ্বারা অপসারিত করিলে যে-গ্যাস অবশিষ্ট থাকে তাহা যৎসামান্য আর্গন ইত্যাদি মিশ্রিত নাইট্রোজেন। এই গ্যাসের মধ্যে নাইট্রোজেনের সকল ধর্মের সাক্ষাৎ পাওয়া যায়। ইহা দাহ্য নহে এবং দহনের সহায়কও নহে। একটি জ্বলন্ত শলাকা এই গ্যাসের মধ্যে প্রবেশ করাইলে সঙ্গে সঙ্গে নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসটিও জ্বলিবে না। এই গ্যাস উত্তপ্ত কপারের সহিত কোনরূপ বিক্রিয়া করিবে না, কিন্তু উত্তপ্ত ম্যাগ্‌নেসিয়াম দ্বারা প্রায় সম্পূর্ণভাবে শোষিত হইবে এবং উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম যৌগটিতে জল যোগ করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হইয়া নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিবে।

$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$ (ম্যাগ্‌নেসিয়াম নাইট্রাইড)

$Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$

অ্যামোনিয়া ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড

নাইট্রোজেন চক্র ঃ পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, জীবজগতের অস্তিত্ব রক্ষার জন্য নাইট্রোজেন যৌগ অত্যাবশ্যক। কিন্তু অতি নিম্নশ্রেণীর কয়েক প্রকার জীব ব্যতীত কোনও প্রাণী বা উদ্ভিদ সরাসরি বায়ু হইতে নাইট্রোজেন গ্রহণ করিতে পারে না। সরাসরি বায়ু হইতে নাইট্রোজেন গ্রহণে সক্ষম জীবাণুগুলি হইল ঃ (i) ছোলা মটর ইত্যাদি শুঁটি বা লেগুমিনাস জাতীয় উদ্ভিদের মূলরোমে উপস্থিত অর্বুদে (**nodule**) আশ্রয়গ্রহণকারী 'সিউডোমোনাস র্যাডিকিকোলা' (**Pseudomonas radicicola**)। (ii) মৃত্তিকায় বসবাসকারী জীবাণু 'অ্যাজো-টোব্যাক্টার ক্রোয়েকক্কাম' (**Azotobacter chroococcum**) ইত্যাদি। এতদ্‌-ব্যতীত কয়েক শ্রেণীর অ্যালগি, ফাংগাস ও মস জাতীয় উদ্ভিদও বায়ু হইতে সরাসরি নাইট্রোজেন গ্রহণ করিয়া খাদ্যে রূপান্তরিত করিতে পারে। কিন্তু এই প্রকার সরাসরি নাইট্রোজেন গ্রহণে সক্ষম নিম্নশ্রেণীর জীবের সংখ্যা সমগ্র জীব জগতের তুলনায় নগণ্য বলিয়া অধিকাংশ প্রাণী ও উদ্ভিদের বংশবিস্তার এবং পুষ্টির জন্য নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্যের প্রয়োজন হয়। উদ্ভিদকে নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্য সরবরাহের জন্য প্রকৃতি আপনা হইতে একটি ব্যবস্থা করিয়া রাখিয়াছে। যখন বজ্রপাত হয় অর্থাৎ বায়ুমণ্ডলে তড়িৎক্ষরণ ঘটে, তখন বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের এক সামান্য অংশ সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড অতঃপর অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বৃষ্টিজলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

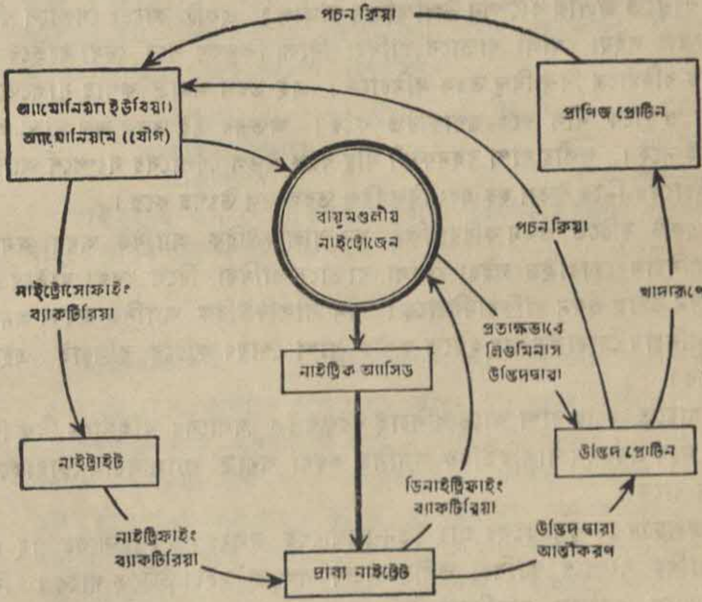
$N_2 + O_2 = 2NO$ (নাইট্রিক অক্সাইড)

$2NO + O_2 = 2NO_2$ (নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড)

$3NO_2 + H_2O = NO + 2HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড)

$CaCO_3 + 2HNO_3 = CO_2 + H_2O + Ca(NO_3)_2$ (ক্যালসিয়াম নাইট্রেট লবণ)

উপরি-উক্ত উপায়ে বৃষ্টিজলের সহিত যে-সামান্য পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিড মাটিতে নামিয়া আসে তাহা মাটিতে উপস্থিত ক্ষারক-জাতীয় পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রেট লবণে পরিণত হয় এবং উদ্ভিদ মাটি হইতে এই লবণের দ্রবণ শোষণ করিয়া ভেষজ প্রোটিন উৎপন্ন করে। তৃণভোজী প্রাণী এই উদ্ভিদ আহার করিয়া পুষ্ট হয় অর্থাৎ ভেষজ প্রোটিনকে প্রাণীজ প্রোটিনে রূপান্তরিত করে এবং মাংসাশী প্রাণী আবার তৃণভোজী প্রাণীর মাংস দুগ্ধ অথবা ডিম্ব হইতে প্রাণীজ প্রোটিন সংগ্রহ করিয়া বাঁচিয়া থাকে।



চিত্র 2.6 নাইট্রোজেন চক্র

কিন্তু বায়ুতে অবস্থিত মুক্ত নাইট্রোজেনের যৌগরূপে আবদ্ধ হওয়া একটি একমুখী প্রক্রিয়া নহে। উদ্ভিদ ও প্রাণীর মৃতদেহ পচনের ফলে এবং প্রাণীর মলমূত্র হইতে নিয়ত ইউরিয়া, অ্যামোনিয়া এবং বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ আসিয়া মাটিতে মিশিতেছে। উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে সঞ্চিত প্রোটিনই ইহাদের উৎস। প্রোটিনের বিয়োজনের ফলে সৃষ্ট এই সকল সরলতর নাইট্রোজেন যৌগ মৃত্তিকায় উপস্থিত 'নাইট্রোসিফাইং ব্যাকটিরিয়া' নামক এক প্রকার জীবাণুর প্রভাবে প্রথমে নাইট্রাইট লবণে ও পরে 'নাইট্রিফাইং ব্যাকটিরিয়া' নামক জীবাণুর

প্রভাবে নাইট্রেট লবণে পরিণত হয়। কয়েক প্রকার উদ্ভিদ মাটি হইতে অ্যামোনিয়াম লবণ এবং কয়েক প্রকার উদ্ভিদ নাইট্রেট লবণ শোষণ করিয়া পুষ্ট হয়। কিন্তু নাইট্রেট লবণের একটি অংশ মৃত্তিকায় বসবাসকারী 'ডিনাইট্রিফাইং ব্যাক্টিরিয়া' নামক জীবাণুর সাহায্যে মুক্ত নাইট্রোজেনে বিয়োজিত হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া আসে। এইরূপে বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণে স্থিতাবস্থা রক্ষিত হয়।

জলীয় বাষ্প : বিভিন্ন স্থানে এবং বিভিন্ন ঋতুতে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির পরিমাণ বিভিন্ন হইলেও, বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের গড় পরিমাণ মোটামুটি নির্দিষ্ট। বায়ুতে জলীয় বাষ্প আছে বলিয়াই বৃষ্টিপাত হয় এবং নদীনালা জলে ভরিয়া উঠে, উদ্ভিদ ও প্রাণী উহাদের জীবনধারণের জন্য প্রয়োজনীয় জলের যোগান পায়।

বায়ুতে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির প্রমাণ : একটি কাচের গেলাসে কিছু বরফজল লইয়া খোলা বাতাসে রাখিয়া দিলে, কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, উহার বহির্গাত্রে বিন্দু বিন্দু তরল জমিয়াছে। এই তরল অনার্দ্র কপার সালফেটের সাদা গুঁড়াকে নীল রঙে রূপান্তরিত করে। অতএব এই তরল জল ছাড়া আর কিছুই নহে। জলীয় বাষ্প বহনকারী বায়ু বরফ শীতল গেলাসের সংস্পর্শে আসিয়া শিশিরাঙ্কের নিম্নে শীতল হয় এবং বিন্দু বিন্দু তরল জল উৎপন্ন করে।

একটি মুচিতে ওজন করিয়া কিছু ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড লইয়া খোলা বাতাসে রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, পরদিন উহার ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিবে বলিয়াই এইরূপ ঘটিবে।

বায়ুতে জলীয় বাষ্প আছে বলিয়াই বরফশীতল গেলাসের বহির্গাত্রে বিন্দু বিন্দু জল জমে এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন বাড়ে।

জলচক্র : ভূপৃষ্ঠতলের প্রায় তিন-চতুর্থাংশই জলময়। ভূপৃষ্ঠ-সংলগ্ন বায়ু এই জলরাশির সংস্পর্শে আসিয়া জলীয় বাষ্পে সম্পৃক্ত হইয়া উঠিতে থাকে। কিন্তু দিবাভাগে ভূপৃষ্ঠতল সূর্যরশ্মিতে উত্তপ্ত হইয়া সংলগ্ন বায়ুকেও উত্তপ্ত করে এবং এইরূপে উত্তপ্ত ও লঘু হইয়া ভূপৃষ্ঠ-সংলগ্ন প্রায় সম্পৃক্ত বায়ু ঊর্ধ্বে উঠিতে থাকে। ঊর্ধ্বতর অঞ্চলে তাপমাত্রা কম। তাই ভূপৃষ্ঠতলে উচ্চতর তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পে প্রায় সম্পৃক্ত বায়ু, ঊর্ধ্বে উঠিয়া শীতল হইবার সময়, নিম্নতর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত হইবার জন্য প্রয়োজনীয় পরিমাণ অপেক্ষা অতিরিক্ত জলীয় বাষ্পকে সূক্ষ্ম জলকণার আকারে পরিত্যাগ করে এবং এইরূপে উৎপন্ন সূক্ষ্ম জলকণার রাশি কলয়ডীয় অবস্থায় মেঘের আকারে বাতাসে ভাসিতে থাকে। বৃষ্টিপাতের সময় এই ভাসমান জলকণাগুলি একত্রিত হইয়া জলবিন্দুতে পরিণত হয় এবং পুনরায় ভূপৃষ্ঠতলে নামিয়া আসে।

এইরূপে প্রাকৃতিক নিয়ম অনুসারে ভূপৃষ্ঠতলের সাগর, নদী এবং জলাশয়গুলির জলের পরিমাণে স্থিতাবস্থা রক্ষিত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের গড় পরিমাণও মোটামুটি নির্দিষ্ট থাকে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড : বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের গড় পরিমাণ প্রায় 0·03%। জীবকোষের অন্যতম প্রধান উপাদান কার্বন। উদ্ভিদ বায়ুতে উপস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে উহার প্রয়োজনীয় কার্বন সংগ্রহ করে এবং প্রাণীরা উহাদের প্রয়োজনীয় কার্বন সংগ্রহ করে উদ্ভিদ হইতে। এ বিষয়ে পূর্বে অক্সিজেন কার্বন ডাই-অক্সাইড চক্র প্রসঙ্গে বিশদ আলোচনা করা হইয়াছে।

বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপস্থিতির প্রমাণ : একটি বীকারে স্বচ্ছ চুনের জল লইয়া খোলা বাতাসে রাখিয়া দিলে পরদিন দেখা যায় যে, চুনের জলের উপর একটি সাদা সর পড়িয়াছে এবং চুনের জল ঘোলা হইয়া উঠিয়াছে। চুনের জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করা কার্বন ডাই-অক্সাইডের এক বিশেষ ধর্ম।

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা চুনের জল}}{Ca(OH)_2} + CO_2 = H_2O + \underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow}$$

তাই চুনের জল খোলা বাতাসে ঘোলা হইয়া উঠে বলিয়া প্রমাণিত হয় যে, বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড উপস্থিত আছে।

নাইট্রোজেন

আণবিক সঙ্কেত N_2 পারমাণবিক গুরুত্ব 14   ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^3$

1770-1772 খ্রীস্টাব্দে শীলে প্রমাণ করেন যে, বায়ুর একটি অংশ দহনকার্য ও শ্বাসপ্রশ্বাসের পক্ষে অনুপযোগী এবং তাহার নাম রাখেন প্রতিকূল বায়ু (Foul air)। 1775-76 খ্রীস্টাব্দে ল্যাভয়সিয়র শীলে কথিত প্রতিকূল বায়ুর মৌলিক চরিত্র সন্দেহাতীতরূপে প্রমাণ করেন এবং নূতন নাম দেন 'অ্যাজোট' বা 'নিষ্প্রাণ বায়ু'। 1790 খ্রীস্টাব্দে চাপটাল নিটার (Nitre) বা শোরায় এই গ্যাসের অবস্থিতির জন্য গ্যাসটির নাম দেন 'নাইট্রোজেন'। আগ্নেয়গিরি হইতে উদ্ভূত গ্যাস মিশ্রণের মধ্যে এবং কয়লার আন্তর্ধূমপাতনকালে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। অনেক প্রস্রবণের জলধারার সহিত প্রচুর পরিমাণ নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

প্রস্তুত প্রণালী : বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণ দ্বারা অথবা নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ হইতে রাসায়নিক পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

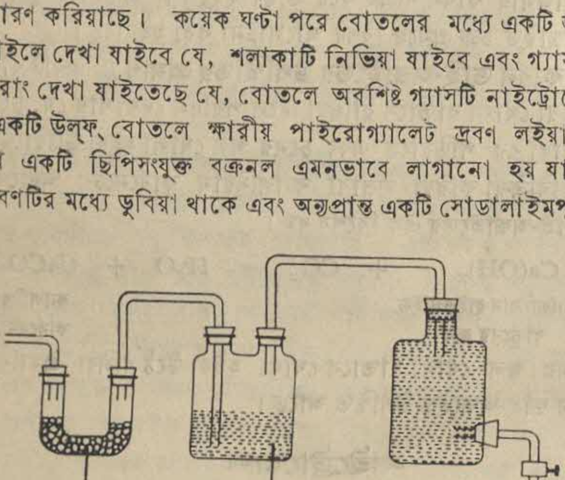
বায়ু হইতে নাইট্রোজেন : বায়ু হইতে অক্সিজেন শোষণ করিয়া নাইট্রোজেন (প্রায় 1% নিষ্ক্রিয় গ্যাসসহ) প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি অনুসৃত হয়।

(i) **সাধারণ তাপমাত্রায় :** শীতল শিখায় জলন্ত ফসফরাস, আর্দ্র লৌহচূর্ণ, ক্ষারীয় পলিসালফাইড, ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট, হাইপোফস্ফাইট, ক্রোমাস

ক্লোরাইড দ্রবণ (কিছু হাইড্রোজেন গ্যাসও সঙ্গে সঙ্গে নির্গত হয়), হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড অথবা অ্যামোনিয়া দ্রবণের উপস্থিতিতে কপারের ছাঁট ইত্যাদি বায়ু হইতে সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন দূরীভূত করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(ক) একটি ছিপিযুক্ত বোতলে অল্পপরিমাণ ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ লইয়া ছিপি আঁটিয়া ঝাঁকাইলে, কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, দ্রবণটি বোতলের ভিতরকার অক্সিজেন শোষণ করিয়া সবুজ বর্ণ ধারণ করিয়াছে। কয়েক ঘণ্টা পরে বোতলের মধ্যে একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, শলাকাটি নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসটিও জ্বলিবে না। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, বোতলে অবশিষ্ট গ্যাসটি নাইট্রোজেন।

(খ) একটি উল্ফ্ বোতলে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ লইয়া বোতলটির একটি মুখে একটি ছিপিসংযুক্ত বক্রনল এমনভাবে লাগানো হয় যাহাতে নলের একপ্রান্ত দ্রবণটির মধ্যে ডুবিয়া থাকে এবং অন্যপ্রান্ত একটি সোডালাইমপূর্ণ U-নলের



চিত্র 2.7 ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের সাহায্যে বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণ

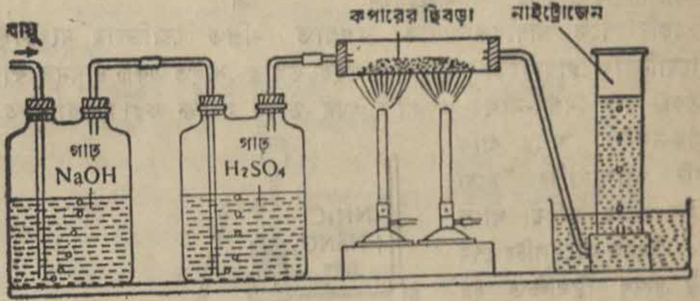
সহিত সংযুক্ত হয়। উল্ফ্ বোতলের অপর মুখটিকে অন্য একটি নির্গম-নলের সাহায্যে একটি জলপূর্ণ অ্যাসপিরেটারের সহিত সংযুক্ত রাখা হয় (চিত্র 2.7)। অতঃপর খুব ধীরে ধীরে অ্যাসপিরেটার হইতে জল বাহির করিতে থাকিলে শূন্যস্থান পূরণের জন্য বায়ু সোডালাইম পূর্ণ U-নল এবং উল্ফ্ বোতলের ভিতরকার ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের মধ্য দিয়া অ্যাসপিরেটারের মধ্যে প্রবেশ করে। সোডালাইম বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট অক্সিজেন গ্যাস শোষণ করিয়া লয় এবং অ্যাসপিরেটারের মধ্যে নাইট্রোজেন গ্যাস সঞ্চিত হয়।

(ii) উচ্চতর তাপমাত্রায়

(ক) উত্তপ্ত টিন অথবা মারকারি দ্বারা বায়ুর অক্সিজেন শোষণ : ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা আলোচনাকালে উত্তপ্ত টিন অথবা মারকারি দ্বারা বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণ প্রণালী আলোচিত হইয়াছে।

(খ) উত্তপ্ত কপারের সাহায্যে বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণ : একটি দুইমুখ খোলা দৃঢ় কাচনলের মধ্যে কপারের ছাঁট লইয়া উহার একপ্রান্তে একটি বক্র নির্গম-নল এমনভাবে সংযুক্ত করা হয় যাহাতে নির্গম-নলের অপরপ্রান্ত

একটি গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে জলের তলায় ডুবিয়া থাকে। দৃঢ়কাচনলটির অপর প্রান্ত আরেকটি কাচনলের মাধ্যমে চিত্র 2.8 অনুযায়ী গাঢ় কস্টিক সোডা বং গাঢ় দ্রবণ এবং গাঢ় H_2SO_4-বাহী বোতলের সহিত যুক্ত রাখা হয়। অতঃপর দৃঢ়-কাচনলটিকে একটি দাহচুল্লীতে স্থাপন করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং একটি ধীরগতি বায়ুস্রোত কস্টিক সোডাবাহী বোতলের মধ্য দিয়া উত্তপ্ত কপারবাহী



চিত্র 2.8 উত্তপ্ত কপারের সাহায্যে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

কাচনলে প্রবহমান রাখা হয়। দ্রবণ দুইটি বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া লয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পমুক্ত বায়ু উত্তপ্ত কপারের সংস্পর্শে আসিলে, কপার বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কালো রঙের কিউপ্রিক অক্সাইড গঠন করে এবং নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া গ্যাসদ্রোণীর উপরে উল্টানো জলপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগৃহীত হয়।

$$2Cu + O_2 + \text{নাইট্রোজেন} = 2CuO + \text{নাইট্রোজেন}$$

অনেক সময় উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত বায়ুর সহিত অ্যামোনিয়া মিশ্রিত করা হয়। সেক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া আংশিকভাবে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা এবং আংশিকভাবে পূর্বোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী উৎপন্ন কপার অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O \; ; \; 2NH_3 + 3CuO = N_2 + 3H_2O + 3Cu$$

নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ হইতে নাইট্রোজেন

(i) **পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :** অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের গাঢ় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। কিন্তু অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ব্যয়বহুল এবং উহার স্থায়িত্ব অধিক নয় বলিয়া সাধারণত অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের পরিবর্তে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড আণবিক গুরুত্বের অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া সেই মিশ্রণের একটি গাঢ় দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। প্রথমে মিশ্রণে উপস্থিত লবণ দুইটি বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায়

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট গঠন করে। অতঃপর উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও জলে পরিণত হয়।

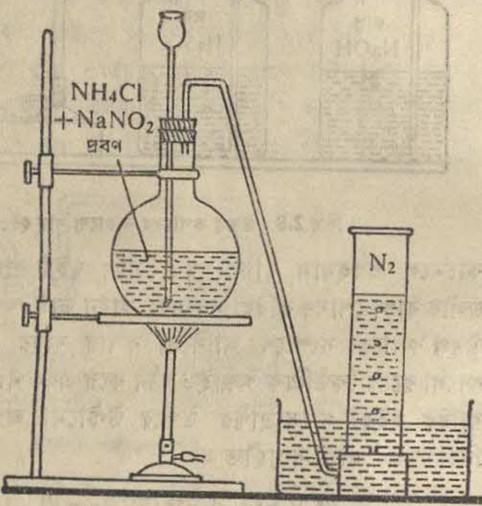
$$NaNO_2 + NH_4Cl = NH_4NO_2 + NaCl$$

সোডিয়াম নাইট্রাইট   অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড   অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট   সোডিয়াম ক্লোরাইড

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট   নাইট্রোজেন   জল

একটি ফ্লাস্কে আণবিক গুরুত্বের অনুপাত মিশ্রিত সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ লইয়া উহার সহিত একটি দীর্ঘনল ফানেল ও একটি বক্র নির্গম-নলের একপ্রান্ত এমন ভাবে সংযুক্ত করা হয় যাহাতে বক্র নির্গম-নলটির অপর প্রান্ত একটি গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে জলের তলায় ডুবিয়া থাকে এবং দীর্ঘনল ফানেলটির শেষ প্রান্ত দ্রবণে নিমজ্জিত হয় (চিত্র 2.9)। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে মৃদুভাবে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া বুদ্বুদের আকারে গ্যাসদ্রোণীর জল হইতে বাহির হইতে থাকিবে। উৎপন্ন নাইট্রোজেনের স্রোতের সহিত পরীক্ষা-পাত্রের ভিতরকার বায়ু বাহির হইয়া যাইবার পর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উল্টাইয়া গ্যাসদ্রোণীর উপর স্থাপন করিলে নাইট্রোজেন জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হইবে। অধিক পরিমাণ নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিতে হইলে দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে অতিরিক্ত পরিমাণ দ্রবণ মিশ্রণ ফ্লাস্কের মধ্যে ঢালা হয়।



চিত্র 2.9 পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণঃ এইরূপে যে নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে। ইহার মধ্যে সামান্য পরিমাণ নাইট্রিক অক্সাইড ও অন্যান্য নাইট্রোজেনের অক্সাইড, ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। এইসব অশুদ্ধি দূর করার জন্য উৎপন্ন নাইট্রোজেনকে পর্যায়ক্রমে কস্টিক সোডা দ্রবণ, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং কপার ছাঁটপূর্ণ উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত হইবার সময়ে বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের বিয়োজনে নাইট্রোজেনের উৎপত্তি সহজে সংঘটিত হয়, একমাত্র যদি দ্রবণটি সামান্য আম্লিক অবস্থায় থাকে। প্রস্তুতি কালে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের পরিবর্তে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ ব্যবহৃত হইলে, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে সৃষ্টি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে প্রয়োজনীয় অম্লত্ব বজায় রাখিতে সাহায্য করে। সম্ভবত বিক্রিয়াটি ঘটিবার জন্য মুক্ত নাইট্রাস অ্যাসিডের উপস্থিতির প্রয়োজন হয়।

পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতিকালে গ্রহণীয় সর্তকতা : প্রস্তুতি-কালে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা এড়াইবার জন্য অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণের মিশ্রণকে সরাসরি উত্তপ্ত না করিয়া জলগাহে বসাইয়া উষ্ণ করাই শ্রেয়। গ্যাস নির্গমন শুরু হইলে তাপন বন্ধ রাখার এবং গ্যাস নির্গমনের মাত্রা অতিরিক্ত হইলে শীতলীকরণের প্রয়োজন হয়।

(ii) **অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন :** অ্যামোনিয়াকে বিভিন্ন উপারে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। জারণের জন্য কিউপ্রিক অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড, ক্লোরিন, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট, সোডিয়াম হাইপো-ব্রোমাইট ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

(ক) একটি দুই মুখ খোলা কাচনলের মধ্যে কিউপ্রিক অক্সাইড চূর্ণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত অবস্থায় রাখিয়া উহার উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাসকে চালনা করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন স্টীম-মিশ্রিত নাইট্রোজেনকে শীতল করিয়া ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালিত করিলে উহা জলীয় বাষ্পমুক্ত হয়।

$$2NH_3 + 3CuO = N_2 + 3H_2O$$

(খ) সঠিক অনুপাতে মিশ্রিত অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত কপার তারজালির উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া এবং উৎপন্ন নাইট্রোজেনকে পূর্বোক্ত উপায়ে জলীয় বাষ্পমুক্ত করিয়া অতি বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

$$4NH_3 + 6NO = 5N_2 + 6H_2O$$

(গ) ঘরের তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন প্রস্তুতি : অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণের মধ্যে ধীরে ধীরে ক্লোরিন গ্যাস চালিত করিলে সামান্য আলোক স্ফুলিঙ্গসহ নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{l} 2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl \\ \underline{6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl} \\ 8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl \end{array}$$

দ্রবণের মধ্যে অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়ার উপস্থিতি অত্যাবশ্যক, কারণ অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কম হইয়া গেলে হলুদবর্ণের তরল নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া বিপজ্জনক বিস্ফোরণ ঘটাইতে পারে। (বিখ্যাত বিজ্ঞানী ডুলং

নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইডের বিস্ফোরণের ফলে একটি চোখ ও তিনটি আঙ্গুল হারাইয়াছিলেন।)

$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl$$

এজন্য উপরি-উক্ত বিক্রিয়াকালে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের সহিত আবির্ভূত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ধোঁয়ার পরিমাণ কমিতে থাকিলে, দ্রবণে উপস্থিত অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কমিয়া গিয়াছে এইরূপ ইঙ্গিত পাওয়া যায় এবং তৎক্ষণাৎ ক্লোরিন চালনা বন্ধ করা হয়।

(ঘ) ব্লিচিং পাউডারের একটি লেই প্রস্তুত করিয়া উহাকে ধীরে ধীরে একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নল সংযুক্ত ফ্লাস্কে ঐ ব্লিচিং পাউডারের আড়াই গুণ ওজনের গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের মধ্যে দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে যোগ করিয়া উষ্ণ করিলে নাইট্রোজেন গ্যাস প্রচুর বুদ্‌বুদ উদ্‌গিরণ করিয়া নির্গত হয় এবং নির্গম নলের মধ্য দিয়া বাহিরে আসে।

$$\underset{\text{ব্লিচিং পাউডার}}{6Ca(OCl)Cl} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{4NH_3} = \underset{\text{ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড}}{6CaCl_2} + \underset{\text{জল}}{6H_2O} + \underset{\text{নাইট্রোজেন}}{2N_2}$$

এক্ষেত্রেও অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া উপস্থিত না থাকিলে বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া বিপদ ঘটাইতে পারে।

(ঙ) গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের মধ্যে বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট দ্রবণ বিন্দু বিন্দু যোগ করিয়াও পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

$$\underset{\text{সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট}}{3NaOBr} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3} = \underset{\text{সোডিয়ামব্রোমাইড}}{3NaBr} + \underset{\text{জল}}{3H_2O} + \underset{\text{নাইট্রোজেন}}{N_2}$$

(ii) **ইউরিয়া হইতে নাইট্রোজেন:** ইউরিয়াকে সোডিয়াম হাই-পোব্রোমাইট অথবা নাইট্রাস অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$\underset{\text{ইউরিয়া}}{CO(NH_2)_2} + \underset{\text{সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট}}{3NaOBr} = CO_2 + N_2 + 2H_2O + 3NaBr$$

অ্যাসিডযুক্ত নাইট্রাইট লবণের দ্রবণে ইউরিয়া যোগ করিয়া ফুটাইলে নাইট্রোজেন নির্গত হয়। দ্রবণ হইতে নাইট্রাইট আয়ন দূরীভূত করিবার জন্য এই বিক্রিয়ায় সাহায্য গ্রহণ করা হয়।

$$2NaNO_2 + 2HCl = 2NaCl + 2HNO_2$$
$$2HNO_2 + CO(NH_2)_2 = 2N_2 + CO_2 + H_2O$$
$$\underset{\text{সোডিয়াম নাইট্রাইট}}{2NaNO_2} + 2HCl + \underset{\text{ইউরিয়া}}{CO(NH_2)_2} = 2N_2 + CO_2 + 2NaCl + 3H_2O$$

(iii) **নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন:** নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড

বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। উৎপন্ন নাইট্রোজেন গ্যাসকে গাঢ় কস্টিক পটাস দ্রবণের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া অবিজারিত নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প হইতে মুক্ত এবং পরিশেষে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

(iv) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেটের লালবর্ণ কেলাস উত্তপ্ত করিলে উহা আলোক বিচ্ছুরণসহ বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে এবং সবুজ বর্ণের ক্রোমিক অক্সাইড চূর্ণে পরিণত হয়।

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + 4H_2O + Cr_2O_3$$

অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট   নাইট্রোজেন   জল   ক্রোমিক অক্সাইড

উৎপন্ন নাইট্রোজেনের সহিত সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়া এবং নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড অশুদ্ধি হিসাবে মিশ্রিত থাকে।

(v) **বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :** বেরিয়াম অ্যাজাইডকে অতি নিম্নচাপে উত্তপ্ত করিলে অতি বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। $Ba(N_3)_2 = Ba + 3N_2$

নাইট্রোজেনের ধর্ম : নাইট্রোজেন স্বাদ-গন্ধ-বর্ণহীন গ্যাস। জলে সামান্য পরিমাণে দ্রাব্য। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য লঘু, বাষ্পীয় ঘনত্ব 14। তরল নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-195{\cdot}8°C$ এবং হিমাঙ্ক $-210°C$।

রাসায়নিক ধর্ম : ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা বেশ কম। ইহা দাহ বা দহনের সহায়ক নহে। কিন্তু বিশেষ অবস্থায় ইহা ধীরগতিতে বিভিন্ন ধাতু, হাইড্রোজেন অথবা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। বিশেষ অবস্থায় ইহা সিলিকন ও বোরনের ন্যায় অধাতু অথবা ক্যালসিয়াম কার্বাইডের ন্যায় যৌগের সহিতও যুক্ত হইতে পারে।

(*i*) **উত্তপ্ত অবস্থায় বিভিন্ন ধাতু ও অধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** নাইট্রোজেনের উপস্থিতিতে লিথিয়াম ঘরের তাপমাত্রাতেই ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে এবং তাপ প্রয়োগ করিলে অপেক্ষাকৃত দ্রুতগতিতে নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। $6Li + N_2 = 2Li_3N$ (লিথিয়াম নাইট্রাইড)

ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, স্ট্রোনসিয়াম ও বেরিয়াম লোহিততপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া M_3N_2 সাধারণ সঙ্কেতের ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর নাইট্রাইড গঠন করে। $3M + N_2 = M_3N_2$ (যেখানে $M = Mg, Ca, Sr,$ বা Ba) উজ্জ্বল লোহিততপ্ত অবস্থায় বোরন ও অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নিজ নিজ নাইট্রাইড উৎপন্ন করে।

$2B + N_2 = 2BN$ (বোরন নাইট্রাইড)

$2Al + N_2 = 2AlN$ (অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড)

কিন্তু সিলিকনকে নাইট্রাইডে পরিণত করিতে হইলে মৌলটিকে নাইট্রোজেন পরিবেশে শ্বেততপ্ত অবস্থায় তাপিত করার প্রয়োজন হয়।

$3Si + 2N_2 = Si_3N_4$ (সিলিকন নাইট্রাইড)

উপযুক্ত পরিবেশে উৎপন্ন নাইট্রাইডগুলিকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস ও সংশ্লিষ্ট হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

লিথিয়াম নাইট্রাইড ও ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড শীতল জলের দ্বারা বিয়োজিত হয়।

$$\underset{\text{লিথিয়াম নাইট্রাইড}}{Li_3N} + \underset{\text{জল}}{3H_2O} = \underset{\text{লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{3LiOH} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{NH_3}$$

$$\underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড}}{Mg_3N_2} + \underset{\text{জল}}{6H_2O} = \underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{3Mg(OH)_2} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3}$$

বেরিয়াম, স্ট্রোনসিয়াম বা ক্যালসিয়ামের নাইট্রাইড ফুটন্ত জলের দ্বারা বিয়োজিত হয়।

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড}}{Ca_3N_2} + \underset{\text{জল}}{6H_2O} = \underset{\text{ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড}}{3Ca(OH)_2} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3}$$

কিন্তু বোরন বা অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে বিয়োজিত করিবার জন্য স্টীমের প্রবাহের মধ্যে নাইট্রাইডগুলিকে উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয়।

$$\underset{\text{বোরন নাইট্রাইড}}{2BN} + \underset{\text{জল}}{3H_2O} = \underset{\text{বোরন ট্রাই-অক্সাইড}}{B_2O_3} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3}$$

$$\underset{\text{অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড}}{2AlN} + \underset{\text{জল}}{3H_2O} = \underset{\text{অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড}}{Al_2O_3} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3}$$

(ii) **অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া :** নাইট্রোজেন সাধারণ অবস্থায় অক্সিজেনের সহিতযুক্ত না হইলেও নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের মধ্য দিয়া তড়িৎক্ষরণ করিলে উপস্থিত গ্যাস মিশ্রণের একাংশ নাইট্রিক অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। এই বিক্রিয়াকে অনুসরণ করিয়া বার্কেলাণ্ড ও আইডে বায়ুর মধ্যে তড়িৎক্ষরণের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড শিল্পোৎপদানের এক পদ্ধতি আবিষ্কার করেন যাহা যথাস্থানে আলোচিত হইয়াছে। এই পদ্ধতি বায়ুতে তড়িৎক্ষরণ করিয়া প্রায় 3000°C তাপমাত্রা উৎপন্ন করা হয় এবং বিক্রিয়াশেষে গ্যাস মিশ্রণের আয়তনের শতকরা প্রায় 5% নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO \text{ (নাইট্রিক অক্সাইড)}$$

(iii) **হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া :** নাইট্রোজেন স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোজেনের সহিতও যুক্ত হয় না। কিন্তু নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণের মধ্য দিয়া তড়িৎক্ষরণ করিলে ; অথবা আয়রনচূর্ণ অনুঘটকের ও মলিবডেনাম (বা পটাসিয়াম অক্সাইড—অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড মিশ্রণ) উদ্দীপকের উপস্থিতিতে, 550°C তাপমাত্রায় এবং 200 বায়ুচাপ বা তদূর্ধ্ব চাপে, প্রয়োজনীয় অনুপাতে মিশ্রিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে সংশ্লেষিত হইতে সুযোগ দিলে, নাইট্রোজেন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$(অ্যামোনিয়া)

শেষোক্ত পদ্ধতিতে পৃথিবীর প্রায় সর্বত্র অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন করা হয়। পদ্ধতিটি (হেবার পদ্ধতি) যথাস্থানে বিশদভাবে আলোচিত হইয়াছে।

(iv) **ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত বিক্রিয়া ঃ** ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে নাইট্রোজেন পরিমণ্ডলে 1100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা আংশিকভাবে কার্বন (গ্রাফাইট রূপে) ত্যাগ করিয়া ক্যালসিয়াম সায়নামাইডে পরিণত হয়।

$$CaC_2 + N_2 \underset{1100^\circ C}{=} CaCN_2 + C$$

ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেন ক্যালসিয়াম সায়নামাইড গ্রাফাইট

উৎপন্ন ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও গ্রাফাইটের কালচে বাদামী মিশ্রণকে 'নাইট্রোলিম' নাম দিয়া সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়, অথবা উহাকে অতিতপ্ত স্টীমের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

ক্যালসিয়াম সায়নামাইড জল ক্যালসিয়াম কার্বনেট অ্যামোনিয়া

(v) **নাইট্রোজেন অণুর বিয়োজন ঃ** নাইট্রোজেন অণু খুবই সুস্থিত। অতি উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। 3500° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে এইরূপ বিয়োজনের পরিমাণ মাত্র 5%।

$$N_2 + 172{,}000 \text{ ক্যালোরি} \rightarrow 2\ [N]$$

বিয়োজনের এইরূপ বিপুল পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয় বলিয়া নাইট্রোজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা এত কম এবং নাইট্রোজেন যৌগগুলির সক্রিয়তা লক্ষণীয়ভাবে বেশি।

সক্রিয় নাইট্রোজেন ঃ 1865 খ্রীস্টাব্দে মরেন (Morren) প্রথম লক্ষ্য করেন যে, নাইট্রোজেন গ্যাসের মধ্যে তড়িৎক্ষরণের পর একপ্রকার হলুদবর্ণের আলোকপ্রভা নির্গত হয়। লর্ড র‍্যালে 1911 খ্রীস্টাব্দে 2 মিমি. অপেক্ষা নিম্নচাপে নাইট্রোজেন গ্যাস লইয়া উহার মধ্যে তড়িৎক্ষরণ করিয়া দেখেন যে, তড়িৎক্ষরণের পরেও গ্যাস হইতে হলুদপ্রভা নির্গত হইতেছে এবং এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, এই প্রভার কারণ সাধারণ নাইট্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয় একটি নূতন রূপের নাইট্রোজেনের উৎপত্তি। এই নাইট্রোজেন যদিও আণবিক অক্সিজেন বা হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে না, কিন্তু পারমাণবিক হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। ইহা সালফার, ফস্‌ফরাস, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, মারকারি এবং আরও কয়েক প্রকার ধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া নাইট্রাইড গঠন করে; অ্যাসিটিলিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং নাইট্রিক অক্সাইডকে বিয়োজিত করিয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত করে। সক্রিয় নাইট্রোজেনের এইরূপ অস্বাভাবিক সক্রিয়তার করাণ সম্ভবত ইহার মধ্যে নাইট্রোজেন পরমাণুর এবং অতিরিক্ত শক্তি শোষণের ফলে অস্বাভাবিক মাত্রায় উত্তেজিত নাইট্রোজেন অণুর উপস্থিতি।

$$C_2H_2 + 2[N] = 2HCN$$

অ্যাসিটিলিন সক্রিয় নাইট্রোজেন হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড

$$2NO + 2[N] = O_2 + 2N_2$$

পরীক্ষার সাহায্যে নাইট্রোজেনের ধর্মের প্রদর্শন :

(ক) একটি নাইট্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে শলাকাটি সঙ্গে সঙ্গে নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসটিও জ্বলিবে না। পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে, নাইট্রোজেন দাহ্য নহে, দহনের সহায়কও নহে।

(খ) একটি নাইট্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি গুটিপোকা ছাড়িয়া দিয়া ঢাকনা বন্ধ করিয়া দিলে পোকাটি গুটাইয়া গিয়া মরিয়া যাইবে। সুতরাং প্রমাণিত হয় যে, নাইট্রোজেন শ্বাসকার্যের সহায়ক নহে।

(গ) একটি খালি অর্থাৎ বায়ুপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি জলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, ম্যাগনেসিয়াম তারটি অল্পক্ষণ গ্যাসজারের ভিতরকার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উজ্জ্বল সাদা আলোকশিখাসহ জ্বলিতে থাকিবে। ভিতরের অক্সিজেন ফুরাইয়া গেলে আলোকশিখা নিষ্প্রভ হইয়া যাইবে কিন্তু অবশিষ্ট নাইট্রোজেনের সহিত ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়া আরও কিছুক্ষণ অগ্রসর হইবে এবং বিক্রিয়াশেষে গ্যাসজারে কিছু জল দিয়া ঝাঁকাইলে, নাইট্রোজেনের সহিত ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়ার গন্ধ বাহির করিবে।

$$3Mg+N_2=Mg_3N_2\ ;\ Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$$

নাইট্রোজেন চক্র ও নাইট্রোজেন বন্ধন : পূর্বে বায়ুর উপাদান সম্পর্কে আলোচনাকালে নাইট্রোজেন চক্র সম্পর্কেও বিশদ আলোচনা করা হইয়াছে। উল্লিখিত হইয়াছে জীবজগতের পুষ্টি ও বংশ-বিস্তারের জন্য নাইট্রোজেনের অপরিহার্যতার বিষয়। বৃষ্টিকালে বজ্রপাতের সময়ে যে-সামান্য নাইট্রোজেন নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হইয়া মাটি নামিয়া আসে এবং উদ্ভিদকে খাদ্য উৎপন্ন করার জন্য প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন যৌগের যোগান দেয়, উহার অধিকাংশই সাগরে অথবা অনুর্বর অঞ্চলে পড়িয়া নষ্ট হয়। আধুনিক যুগের বিপুল জনসংখ্যার পরিপ্রেক্ষিতে এই প্রাকৃতিক উপায়ে পরিবেশিত নাইট্রোজেন প্রয়োজনের তুলনায় মোটেই পর্যাপ্ত নহে। তাই দ্রুত ও অধিক পরিমাণ খাদ্য উৎপাদনের জন্য কৃষিক্ষেত্রে ব্যাপকহারে নাইট্রোজেন-ঘটিত যৌগ সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এছাড়া বিস্ফোরক, কৃত্রিম তন্তু, রঞ্জক পদার্থ এবং আমাদের নিত্যব্যবহার্য বহু পণ্য উৎপাদনের জন্য নাইট্রিক অ্যাসিড ও অন্যান্য নাইট্রোজেন যৌগের চাহিদা ক্রমবর্ধমান। কৃষি ও শিল্পে নাইট্রোজেন যৌগের এইরূপ বিপুল ও ক্রমবর্ধমান চাহিদা মিটাইবার জন্য বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত মুক্ত নাইট্রোজেনকে বিভিন্ন পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন যৌগে (প্রধানত নাইট্রিক অ্যাসিড অথবা অ্যামোনিয়ায়) পরিণত করা হয়। মুক্ত নাইট্রোজেনকে এইভাবে যৌগের বন্ধনে বন্দী করার নাম **নাইট্রোজেন বন্ধন** (Fixation of Nitrogen)। নাইট্রোজেন বন্ধনের প্রচলিত পদ্ধতিগুলির নাম নীচে দেওয়া হইল। পরে যথাস্থানে এগুলির সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা করা হইয়াছে।

(ক) হেবার পদ্ধতি ও ক্লড পদ্ধতি : এই পদ্ধতিগুলিতে মলিবডেনাম অথবা পটাসিয়াম অক্সাইড অ্যালুমিনিয়াম-অক্সাইড মিশ্রণ দ্বারা উদ্দীপিত আয়রন-

চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে 500°-550°C তাপমাত্রায় এবং উচ্চতর চাপে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিলন ঘটাইয়া আমোনিয়া সংশ্লেষিত করা হয়। হেবার পদ্ধতিতে 200 বায়ুমণ্ডলের চাপ এবং ক্লড পদ্ধতিতে 1000 বায়ুমণ্ডলের চাপ ব্যবহৃত হয়। $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

(খ) সারপেক পদ্ধতি ঃ পূর্বে এই পদ্ধতিতে বক্সাইটরূপে উপস্থিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও কোকের এক উত্তমরূপে চূর্ণিত ও শ্বেততপ্ত মিশ্রণের উপর দিয়া নাইট্রোজেন চালিত করিয়া এবং উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে ক্ষারীয় দ্রবণের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিয়া বক্সাইট শোধন ও অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হইত।

$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO$$
$$AlN + H_2O + NaOH = NaAlO_2 + NH_3$$
$$NaAlO_2 + 2H_2O = NaOH + Al(OH)_3 \downarrow$$
$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

ক্ষারীয় দ্রবণের সহিত ফুটাইয়া অ্যামোনিয়া নিষ্কাশনের পর প্রাপ্ত সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে অতিরিক্ত জলের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইত এবং ঐ অধঃক্ষেপকে ধৌত, শুষ্ক ও উচ্চ তাপমাত্রায় তাপিত করিয়া বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে পরিণত করা হইত।

(গ) সায়নামাইড পদ্ধতি ঃ ক্যালসিয়াম কর্বাইডের সহিত নাইট্রোজেনের 1100°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম সায়নামাইডকে 'নাইট্রোলিম' নামে সার হিসাবে সরাসরি অথবা স্টীমের দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিয়া আমোনিয়া উৎপাদনের উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা যায়।

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2$$
$$CaCN_2 + 3H_2O = 2NH_3 + CaCO_3$$

(ঘ) বার্কেল্যাণ্ড ও আইডে পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে বায়ুর মধ্যে তড়িৎ-ক্ষরণের সাহায্যে প্রায় 3000°C তাপমাত্রা উৎপন্ন করা হয় এবং বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যে-অল্প অংশ নাইট্রিক অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়, তাহাকে প্রথমে শীতল করিয়া উপস্থিত অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহায়তায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে এবং পরে ঐ উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডকে জলে শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO \; ; \; 2NO + O_2 = 2NO_2$$
$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

অ্যামোনিয়া

আণবিক সঙ্কেত NH_3 আণবিক গুরুত্ব 17 বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5

মধ্যযুগে মধ্য এশিয়ায় উটের বিষ্ঠার ছাই হইতে সল অ্যামোনিয়্যাক (sal ammoniac) বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া গিয়াছিল। প্রিস্টলে 1774 খ্রীস্টাব্দে সল অ্যামোনিয়্যাককে চুনের সহিত উত্তপ্ত করিয়া সর্বপ্রথম অ্যামোনিয়া

গ্যাস প্রস্তুত করেন এবং উহার নাম দেন 'ক্ষারীয় বায়ু'। তিনি ইহাও লক্ষ্য করেন যে, ক্ষারীয় বায়ুর মধ্য দিয়া বিদ্যুৎক্ষরণ করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া নিজের আয়তনের দ্বিগুণ আয়তনের দাহ্য গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন করে। 1785 খ্রীস্টাব্দে বার্থোলেট প্রমাণ করেন যে, উপরি-উক্ত বিয়োজনের ফলে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। $2NH_3 = N_2 + 3H_2$। 1788 খ্রীস্টাব্দে অস্টিন, 1800 খ্রীস্টাব্দে ডেভি এবং 1809 খ্রীস্টাব্দে হেনরির পরীক্ষার ফলে অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত NH_3 দৃঢ়ভাবে প্রতিষ্ঠিত হয়।

অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতি

(ক) পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত প্রণালী : প্রায় সকল প্রকার অ্যামোনিয়াম লবণ ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করার জন্য অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও শুষ্ক ফোটানো চুন (slaked lime) অথবা পাথুরে চুন (quick lime) চূর্ণ মিশ্রণ মৃদুভাবে উত্তপ্ত করা হয়।

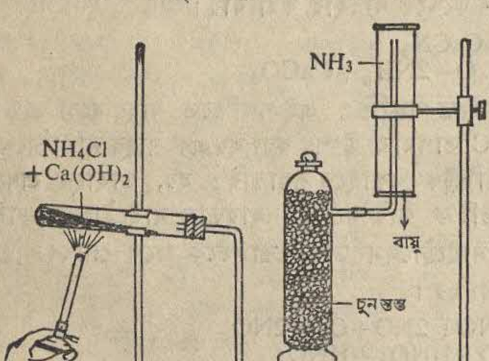
$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + 2NH_3 + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড — পাথুরে চুন বা ক্যালসিয়াম হাইড্রঅক্সাইড — ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড — জল

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড — ফোটানো চুন বা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড — ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড — জল

1 : 3 ওজন অনুপাতে মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও শুষ্ক কলিচুনের মিশ্রণ দ্বারা অর্ধপূর্ণ এবং একটি বক্র নির্গম-নলযুক্ত দৃঢ় কাচ পরীক্ষানলকে এমন ভাবে স্ট্যাণ্ডে আটকানো হয় যে, উহার মুখের দিক সামান্য নীচের দিকে হেলিয়া থাকে। নির্গম-নলটিকে চিত্রানুযায়ী একটি পাথুরে চুনের খণ্ডে পরিপূর্ণ চুনস্তম্ভের সহিত যুক্ত করিয়া চুনস্তম্ভের নির্গম-নলটিকে একটি উপুড় করিয়া আটকানো গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাইয়া দেওয়া হয় (চিত্র 2.10)।



চিত্র 2.10 পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত প্রণালী

অতঃপর কাচনলটিকে মৃদুভাবে উত্তপ্ত করিলে কাচনলটির মধ্যে উর্ধ্বে প্রদত্ত সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়া ঘটে এবং নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাস চুনস্তম্ভে জলীয় বাষ্প পরিত্যাগ করিয়া বাতাসের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

বিঃ দ্রঃ (i) অ্যামোনিয়া জলে অত্যধিক দ্রাব্য বলিয়া ইহাকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা সম্ভব নহে। অবশ্য মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারা ইহাকে প্রয়োজনানুসারে সংগ্রহ করা হইয়া থাকে।

(ii) অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা লঘুতর। তাই ইহাকে বায়ুর নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করাই সহজসাধ্য ও প্রচলিত প্রথা।

(iii) অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী। তাই ইহাকে অনার্দ্র করিবার জন্য অ্যাসিড বা অ্যাসিডধর্মী যৌগ, যেমন ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফস্‌ফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের মত বহুল ব্যবহৃত নিরুদক ব্যবহার করা যায় না। সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াকে সালফেট লবণে এবং ফস্‌ফরাস পেণ্ট-অক্সাইড উহাকে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের সহায়তায় ফসফেট লবণে পরিণত করে।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

$$6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O = 2(NH_4)_3PO_4$$

অ্যামোনিয়া শুষ্ক করার জন্য অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডও ব্যবহার করা চলে না, কারণ উহা অ্যামোনিয়া শোষণ করিয়া একটি যুতযৌগ গঠন করে।

$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2, 8NH_3$$

এজন্য অ্যামোনিয়া শুষ্ক করার জন্য ক্ষারকীয় নিরুদক যেমন পাথুরে চুন (ক্যালসিয়াম অক্সাইড) বা সদ্য প্রস্তুত কঠিন কস্টিক পটাসের টুকরা ব্যবহার করা হয়।

(খ) অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি :

(i) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের পরিবর্তে যে-কোনও অ্যামোনিয়াম লবণ এবং চুনের বদলে অন্য ক্ষার ব্যবহার করিয়াও মৃদু উত্তাপের সাহায্যে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা চলে।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NH_3$$

অ্যামোনিয়াম সালফেট সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সোডিয়াম সালফেট জল অ্যামোনিয়া

(ii) কয়েক প্রকার অ্যামোনিয়াম লবণ উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া নির্গত হয়

$$(NH_4)_2SO_4 = NH_4HSO_4 + NH_3$$

অ্যামোনিয়াম সালফেট অ্যামোনিয়াম বাই-সালফেট

$$(NH_4)_2HPO_4 = HPO_3 + 2NH_3 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ফসফেট মেটাফসফোরিক অ্যাসিড

$$(NH_4)NaHPO_4 = NaPO_3 + NH_3 + H_2O$$

মাইক্রোকস্‌মিক লবণ সোডিয়াম মেটাফসফেট

(iii) লেড মনোক্সাইডকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলেও অ্যামোনিয়া নির্গত হয়।

$PbO + 2NH_4Cl = PbCl_2$ (লেড ক্লোরাইড) $+ \; 2NH_3 + H_2O$

(iv) নাইট্রাস অক্সাইড ব্যতীত নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড অথবা

নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পকে হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত প্লাটিনামের উপর দিয়া চালিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$2NO+5H_2=2NH_3+2H_2O\ ;\ 2HNO_3+8H_2=2NH_3+6H_2O$$

(v) জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত করিলে অথবা ক্ষারীয় মাধ্যমে জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে নাইট্রাইট বা নাইট্রেট লবণকে বিজারিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। অবশ্য অ্যাসিড মাধ্যমে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাস হিসাবে নির্গত না হইয়া অতিরিক্ত অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ গঠন করে।

$$4Zn+4H_2SO_4\ (\text{লঘু}) = 4ZnSO_4 + 8[H]\ (\text{জায়মান হাইড্রোজেন})$$
$$HNO_3 + 8[H] = NH_3 + 3H_2O$$
$$NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)HSO_4$$

$$4Zn+5H_2SO_4+HNO_3=4ZnSO_4+(NH_4)\ HSO_4+3H_2O$$

অনুরূপভাবে জিঙ্কচূর্ণ ও কস্টিক পটাসের গাঢ় দ্রবণের সহিত পটাসিয়াম নাইট্রেটের বিক্রিয়াকালে অথবা অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও কস্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত সোডিয়াম নাইট্রাইটের বিক্রিয়াকালে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া নাইট্রোজেন যৌগগুলিকে অ্যামোনিয়ায় বিজারিত করে। তবে এই প্রকার বিক্রিয়াগুলির সমীকরণে জারণসংখ্যার সাহায্যে সমতা-বিধান করাই সহজতর।

$$4\overset{0}{Zn} + K\overset{+5}{N}O_3 + 7KOH - 4K_2\overset{+2}{Zn}O_2 + \overset{-3}{N}H_3 + 2H_2O$$
$$2\overset{0}{Al} + Na\overset{+3}{N}O_2 + NaOH+H_2O = 2Na\overset{+3}{Al}O_2 + \overset{-3}{N}H_3$$

প্রথমোক্ত বিক্রিয়ায় (0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট মুক্ত অবস্থার জিঙ্কের একটি পরমাণু দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া (+2) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট পটাসিয়াম জিঙ্কেটের জিঙ্কে জারিত হইয়াছে এবং (+5) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট পটাসিয়াম নাইট্রেটের একটি নাইট্রোজেন পরমাণু আটটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া (−3) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেনে বিজারিত হইয়াছে। সুতরাং রাসায়নিক সমীকরণে সমতা-বিধানের সময়ে একটি পটাসিয়াম নাইট্রেট অণুর অন্তর্ভুক্ত এক পরমাণু নাইট্রোজেনকে বিজারিত করিবার জন্য চারটি মুক্ত অবস্থার জিঙ্ক পরমাণুর প্রয়োজন হইবে। অতঃপর জিঙ্কের পরমাণুর সংখ্যায় সমতা-বিধানের জন্য সমীকরণটির ডানদিকে পটাসিয়াম জিঙ্কেটের অণুর সংখ্যাকে চার করিতে হইবে এবং উহার ফলে ডানদিকে পটাসিয়াম পরমাণুর সংখ্যা আট হইবে বলিয়া বামদিকে পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড অণুর সংখ্যাকে সাত করিয়া পটাসিয়াম পরমাণুর সংখ্যায় সমতা আনিতে হইবে। পরিশেষে বামদিকের সাতটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমতা-বিধানের জন্য ডানদিকে দুইটি অতিরিক্ত জলের অণু অনুপ্রবিষ্ট করিয়া সমতাসাধন শেষ করিতে হইবে।

দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় বিজারক (0) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট অ্যালুমিনিয়ামের একটি পরমাণু তিনটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া (+3) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট সোডিয়াম

অ্যালুমুনেটের অ্যালুমিনিয়ামে এবং জারক (+3) জারণসংখ্যাবিশিষ্ট সোডিয়াম নাইট্রাইটের নাইট্রোজেন পরমাণু ছয়টি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া (−3) জারণ-সংখ্যাবিশিষ্ট অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়াছে। সুতরাং ইলেকট্রনীয় সমতা-বিধানের সময় এক অণু নাইট্রাইটের জন্য দুই পরমাণু অ্যালুমিনিয়ামের প্রয়োজন হইবে। অতঃপর একে একে অ্যালুমিনিয়ামের সমতা-বিধানের জন্য সোডিয়াম অ্যালুমিনেট অণুর সংখ্যাকে দুইয়ে পরিণত করিয়া, সোডিয়ামের সমতা-বিধানের জন্য সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অণুর সংখ্যাকে একে পরিণত করিয়া এবং হাইড্রোজেনের সমতা-বিধানের জন্য বামদিকে এক অণু জল অনুপ্রবিষ্ট করিয়া সমতা-বিধানের কাজ শেষ হইবে।

(vi) অনেক নাইট্রাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলেও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। লিথিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড শীতল জলের সাহায্যে, অন্যান্য ক্ষারীয় মৃত্তিকা-জাতীয় ধাতুর নাইট্রাইড ফুটন্ত জলের সাহায্যে এবং বোরন বা অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উত্তপ্ত অবস্থায় স্টীমের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া ও সংশ্লিষ্ট হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$Ca_3N_2+6H_2O = 3Ca(OH)_2+2NH_3$ ।

পূর্বেই এ বিষয়ে বিশদ আলোচনা করা হইয়াছে।

(vii) ক্ষারীয় ধাতুর অ্যামাইড জলের সংস্পর্শে আসিলে প্রবলভাবে বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে।

$NaNH_2$ (সোডামাইড) $+H_2O=NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড) $+NH_3$

(viii) জৈব অ্যামাইডকে ক্ষারীয় দ্রবণের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলেও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

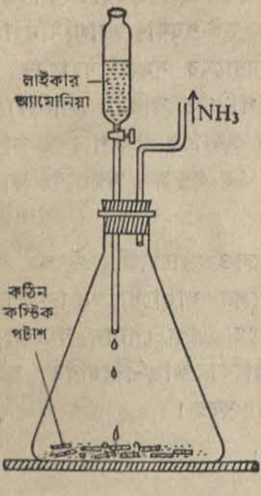
$$\underset{\text{অ্যাসিটামাইড}}{CH_3CONH_2}+NaOH=\underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3OONa}+NH_3$$

(ix) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণের মধ্য দিয়া তড়িৎক্ষরণ করিলে উহাদের একাংশ সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে। $N_2+3H_2\rightleftharpoons 2NH_3$

(x) **অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন** : নাইট্রোজেন বন্ধন প্রসঙ্গে এ বিষয়ে পূর্বে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইয়াছে। শিল্পোৎপাদন-সংক্রান্ত অধ্যায়ে এগুলি সম্পর্কে পুনরায় বিশদ আলোচনা করা হইবে। অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনের জন্য অনুসৃত প্রধান পদ্ধতিগুলি হইল :

(i) হেবার পদ্ধতি ও ক্লড পদ্ধতি ;
(ii) কোলগ্যাস শিল্পোৎপাদনে উপজাত অ্যামোনিয়াক্যাল লিকারভিত্তিক পদ্ধতি ;
(iii) সায়নামাইড পদ্ধতি ;
(iv) বর্তমানে অপ্রচলিত সারপেক পদ্ধতি।

(xi) **সাধারণ উষ্ণতায় অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুতি ঃ** একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত শঙ্কু কূপীতে কঠিন কস্টিক সোডার বা কস্টিক পটাসের দানা লইয়া বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে উহার মধ্যে বিন্দু বিন্দু লাইকার অ্যামোনিয়া যোগ করিলে, কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাস জল টানিয়া লয় ও নির্গম-নল দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির হয় (চিত্র 2.11)।



চিত্র 2.11 সাধারণ উষ্ণতায় অ্যামোনিয়া গঠন

অ্যামোনিয়ার ধর্ম ঃ অ্যামোনিয়া তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা লঘুতর এবং সহজেই শীতলীকরণ অথবা উচ্চ চাপ প্রয়োগের সাহায্যে ইহাকে একটি বর্ণহীন তরলে তরলীভূত করা যায়। তরল অ্যামোনিয়ার স্ফুটনাঙ্ক $-33{\cdot}4°C$, হিমাঙ্ক $-77{\cdot}7°C$। অ্যামোনিয়ার জলে দ্রাব্যতা অন্য যে-কোনও গ্যাস অপেক্ষা অধিক। এক আয়তন জলে 0°C তাপমাত্রায় 1148 আয়তন অ্যামোনিয়া এবং 20°C তাপমাত্রায় 739 আয়তন অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত থাকিতে পারে। অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণকে লাইকার অ্যামোনিয়া বলা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(i) জলে দ্রবীভূত অ্যামোনিয়া আংশিকভাবে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH$

উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দুর্বল ক্ষার। ইহা সামান্য পরিমাণে আয়নিত হইয়া হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে।

$$NH_4OH \rightleftharpoons (NH_4)^+ + (OH)^-$$

ক্ষার হিসাবে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের মৃদুতার কারণ হিসাবে বলা হয় যে, আয়নিত হইবার পর উৎপন্ন হাইড্রক্সিল আয়নের অক্সিজেনে উপস্থিত একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল। অ্যামোনিয়াম আয়নের নাইট্রোজেন সংযুক্ত একটি হাইড্রোজেনের সহিত সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়। ফলে দ্রবণে আর অধিক সংখ্যক হাইড্রক্সিল আয়ন উপস্থিত থাকিতে পারে না।

$$[H_3NH]^+ + [OH]^- = H_3NH \leftarrow OH$$

নাইট্রোজেনের সহিত কোনও হাইড্রোজেন সংযুক্ত না থাকিলে এইরূপে হাইড্রক্সিল আয়নের দূরীকরণ সম্ভব হয় না এবং তাই জৈব কোয়ার্টারনারি অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডগুলি অতি শক্তিশালী ক্ষার।

(ii) অ্যামোনিয়া সুস্থিত যৌগ। উত্তপ্ত করিলে ইহা সহজে বিয়োজিত হয় না। কিন্তু আয়রন অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে ইহা ক্রমবর্ধমান হারে বিয়োজিত হইতে থাকে এবং 700°C তাপমাত্রার উর্ধ্বে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$$

আলট্রাভায়োলেট রশ্মি বা তেজস্ক্রিয় রশ্মির দ্বারা উদ্ভাসিত হইলেও ইহা সম্পূর্ণ রূপে বিয়োজিত হয়।

(iii) অ্যামোনিয়া দহনের সহায়ক নহে এবং বায়ুতেও দাহ্য নহে। কিন্তু ইহা অক্সিজেন পরিমণ্ডলে সবুজাভ হলুদ বর্ণের শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।

$$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2$$

(iv) অ্যামোনিয়া ও বায়ু অথবা অক্সিজেনের মিশ্রণকে 700°-800° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে, অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করিয়া অস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

(v) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** উত্তপ্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি ক্ষারীয় ধাতু অথবা বেরিয়ামের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করিলে ধাতু অ্যামোনিয়া হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া ধাতব অ্যামাইড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন অ্যামাইডে জল যোগ করিলে উহা প্রবল বিক্রিয়ার সহিত বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া ও সংশ্লিষ্ট হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2 \; ; \; NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$$
$$2K + 2NH_3 = 2KNH_2 + H_2 \; ; \; KNH_2 + H_2O = KOH + NH_3$$
$$Ba + 2NH_3 = H_2 + Ba(NH_2)_2 \; ;$$
$$Ba(NH_2)_2 + 2H_2O = Ba(OH)_2 + 2NH_3$$

(vi) **ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া :** অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়া উপস্থিত থাকিলে ক্লোরিন অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন পরিণত করে কিন্তু ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হইলে হলুদবর্ণ বিস্ফোরক তরল নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$
$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$
$$\overline{8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl}$$ (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)

$$NH_3 + 3Cl_2 = 3HCl + NCl_3$$ (নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড)

আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া : আমোনিয়ার গাঢ় দ্রবণের সহিত আয়োডিন কেলাসকে একটি মর্টারে লইয়া উত্তমরূপে পেষণ করিলে কালো রঙের বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাই-আয়োডাইড অ্যামোনিয়ার সহিত যুতযৌগ রূপে উৎপন্ন হয়।

$$5NH_3 + 3I_2 = 3NH_4I + NI_3, NH_3$$ (নাইট্রোজেন ট্রাই-আয়োডাইড ও অ্যামোনিয়ার যুতযৌগ)

বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিত ধাপে সংঘটিত হয় :

$$3NH_4OH+3I_2 = 3NH_4I+3HOI$$
$$3NH_4OH+3HOI=3NH_4OI+3H_2O$$
$$3NH_4OI \rightleftharpoons NI_3, NH_3+NH_4OH+2H_2O$$
$$\overline{5NH_4OH+3I_2 = NI_3, NH_3+3NH_4I+5H_2O}$$

(vii) **অ্যামোনিয়ার বিজারণ ধর্ম :** অ্যামোনিয়ার মৃদু বিজারণ ধর্ম আছে। অনেকগুলি ধাতুর উত্তপ্ত অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া চালিত করিলে উহারা বিজারিত হইয়া সংশ্লিষ্ট ধাতুতে পরিণত হয়।

$$2NH_3+3CuO=N_2+3H_2O+3Cu$$
$$2NH_3+3PbO=N_2+3H_2O+3Pb$$

হাইপোব্রোমাইট, হাইপোক্লোরাইট অথবা ব্লিচিং পাউডার ঈষদুষ্ণ অবস্থায় অ্যামোনিয়াকে গাঢ় জলীয় দ্রবণ হইতে জারিত করিয়া নাইট্রোজেনে পরিণত করে।

$$2NH_3+3NaOBr=3NaBr+3H_2O+N_2$$

(viii) **কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া :** 200°C তাপমাত্রায় ও প্রায় 150 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিতে, কার্বন ডাই-অক্সাইড অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইউরিয়া নামে বহুল ব্যবহৃত সার উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি দুইটি ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমে উৎপন্ন হয় অ্যামোনিয়াম কার্বামেট। $2NH_3+CO_2 \rightleftharpoons NH_2COONH_4$ (অ্যামোনিয়াম কার্বামেট) অতঃপর অ্যামোনিয়াম কার্বামেট বিয়োজিত হইয়া ইউরিয়া ও জল উৎপন্ন করে।

$$NH_2COONH_4=NH_2CONH_2+H_2O$$

কিন্তু জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম কার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে।

$2NH_3+CO_2+H_2O=(NH_4)_2CO_3$ (অ্যামোনিয়াম কার্বনেট)

(ix) **জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া :** পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত করিলে আংশিকভাবে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ধাতব মূলকের সিক্ত পরীক্ষায় একটি অত্যাবশ্যকীয় বিকারক। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ইহা বিশ্লেষণভিত্তিক **III A** গ্রুপের ধাতব মূলকগুলিকে হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$FeCl_3+3NH_4OH=Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$$
$$Al_2(SO_4)_3+6NH_4OH=2Al(OH)_3\downarrow+3(NH_4)_2SO_4$$

অ্যামোনিয়াম লবণের অনুপস্থিতিতে $Al(OH)_3$ অতিরিক্ত NH_4OH-তে দ্রবীভূত হয়।

$Al(OH)_3+NH_4OH=2H_2O+NH_4AlO_2$ (অ্যামোনিয়াম অ্যালুমিনেট)

(x) **যুত বিক্রিয়া :** অ্যামোনিয়া অণুর মধ্যে নাইট্রোজেন পরমাণুর বাহিরের কক্ষে উপস্থিত পাঁচটি ইলেকট্রনের মধ্যে কেবলমাত্র তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করিয়াছে। অবশিষ্ট ইলেকট্রনদ্বয় একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল হিসাবে বিদ্যমান এবং তাই নাইট্রোজেন পরমাণুটির অসমযোজী (coordinate covalency) বন্ধন সৃষ্টি মারফৎ এই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দান করার প্রবল প্রবণতা রহিয়াছে। সেজন্য ইহা বহু প্রকার অণু ও আয়নের সহিত অসমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করিয়া সরাসরি যুক্ত হইতে পারে।

তাই অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়াকালে ইহা অ্যাসিড আয়নিত হওয়ার ফলে সৃষ্ট হাইড্রোজেন আয়ন অর্থাৎ প্রোটনকে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দান করিয়া উহার সহিত অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয় এবং অ্যামোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন করে। $NH_3 + H^+ = [NH_4]^+$ বা $[H_3N\!:\rightarrow H]^+$

অনুরূপভাবে বোরন ট্রাইক্লোরাইডের ছয়টি ইলেকট্রনবাহী বহিঃস্থ কক্ষের অসম্পৃক্ততা দূর করার জন্য অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেন পরমাণু উহার নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দান করিয়া অসমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে।

$$NH_3 + BF_3 = NH_3 \rightarrow BF_3$$

(xi) **জটিল যৌগ গঠন :** অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেন বহু ধাতুকে তাহার নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দান করিয়া অসমযোজী বন্ধন গঠনের সাহায্যে জটিল যৌগ গঠন করে।

(ক) জলে অদ্রাব্য সিলভার ক্লোরাইডে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে সিলভার আয়ন অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেনের নিঃসঙ্গ ইলেটনযুগল গ্রহণ করিয়া ডাই-অ্যামাইন সিলভার আয়নে পরিণত হয় এবং সিলভার ক্লোরাইড দ্রবীভূত হইয়া যায়। $AgCl + 2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O$

(খ) অনুরূপভাবে কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে প্রথমে কপার হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইয়া পরে উহা অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় ঘন নীল জটিল কিউপ্র্যামোনিয়াম আয়ন সৃষ্টি করিয়া দ্রবীভূত হইয়া যায়। অন্তিম বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$CuSO_4 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4]SO_4 + 4H_2O$$

(গ) জিঙ্ক লবণের দ্রবণেও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে প্রথমে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইয়া পরে উহা জটিল দ্রবণীয় যৌগে রূপান্তরিত হয়।

$$ZnSO_4 + 2NH_4OH = (NH_4)_2SO_4 + Zn(OH)_2$$
$$Zn(OH)_2 + 4NH_4OH = [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

(xii) **তরল অ্যামোনিয়ায় বিক্রিয়া :** তরল অ্যামোনিয়া জলের মতই অতি উত্তম দ্রাবক। ক্লোরাইড ব্রোমাইড, আয়োডাইড, সায়ানাইড, থায়োসায়ানেট অথবা নাইট্রেটের মত বহু লবণ, আয়োডিন, সালফার, ফসফরাস, ক্ষারীয় ধাতু ইত্যাদির মত বহু মৌল এবং বহুজৈব অ্যামাইড, নাইট্রো যৌগ, অ্যালকিল অ্যামো-

নিয়াম যৌগ ইত্যাদি তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হয়। জলের মতই ইহা সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয়।

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^- \; ; \; 2NH_3 = NH_4^+ + NH_2^-$$

সুতরাং জলের OH আয়নের সঙ্গে তুলনীয় তরল অ্যানোনিয়ার NH_2 আয়ন এবং H_3O^+ আয়নের সঙ্গে NH_4^+ আয়ন।

তরল অ্যামোনিয়া মাধ্যমে অ্যাসিড অ্যামাইডগুলি অ্যাম্‌নো-অ্যাসিড ও ধাতব অ্যামাইডগুলি অ্যামনোক্ষারক হিসাবে কাজ করে।

$RCONH_2 \rightleftharpoons RCONH^- + H^+$ অথবা

$NH_3 + RCONH_2 \rightleftharpoons RCONH^- + NH_4^+$

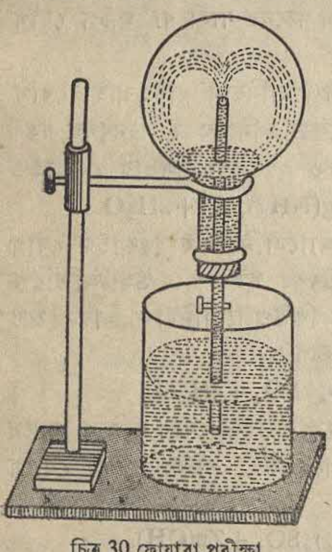
$KNH_2 \rightleftharpoons K^+ + NH_2^-$

সুতরাং প্রশমনের অর্থ H^+ আয়ন (বা NH_4^+ আয়ন) এবং NH_2^- আয়নের সংযোগে অ্যামোনিয়ার উৎপত্তি। যেমন,

KNH_2	+	$RCONH_2$	=	$RCONHK$	+	NH_3
অ্যামনো-ক্ষারক		অ্যামনো-অ্যাসিড		অ্যামনো-লবণ		অ্যামোনিয়া

পরীক্ষার সাহায্যে অ্যামোনিয়ার বিশিষ্ট ধর্মগুলির পরীক্ষা :

(i) অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা ও ক্ষারধর্ম : ফোয়ারা পরীক্ষা : একটি উপুড় করা গোলতল ফ্লাস্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসে পূর্ণ করিয়া উহার মুখ একটি সরু কাচনল-যুক্ত কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। কাচ-নলটির ফ্লাস্কের ভিতর দিককার প্রান্ত জেটের আকৃতিবিশিষ্ট করা থাকে এবং উহাকে ফ্লাস্কটির প্রায় কেন্দ্র পর্যন্ত অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে উপুড় করা অবস্থায় একটি স্টাণ্ডের মধ্যে এমনভাবে স্থাপন করা যে, উহার মুখসংলগ্ন কাচনলটির বাহিরের প্রান্ত একটি জলপাত্রের মধ্যে লাল লিটমাস সংযুক্ত জলে ডুবিয়া থাকে। এবার ফ্লাস্কটির উপরে ফোঁটা ফোঁটা ইথার ফেলিয়া শীতল করিলে, উহার ভিতরকার অ্যামোনিয়া সঙ্কুচিত হইবে এবং জলপাত্র হইতে জল ধীরে ধীরে কাচনল বাহিয়া উঠিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করিবে। জল ফ্লাস্কে প্রবেশ করা মাত্র ভিতরকার অ্যামোনিয়া



চিত্র 30 ফোয়ারা পরীক্ষা

উহাতে দ্রবীভূত হইয়া আভ্যন্তরীণ চাপ কমাইয়া দিবে এবং আরও বেশি বেশি জল নল বাহিয়া উঠিয়া ফোয়ারার আকারে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়িবে। আরও দেখা যাইবে যে, ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করিবার পর জলের লাল রঙ বদলাইয়া নীল হইয়া গিয়াছে। এই পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, (ক) অ্যামোনিয়া জলে অত্যাধিক মাত্রায় দ্রাব্য এবং (খ) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

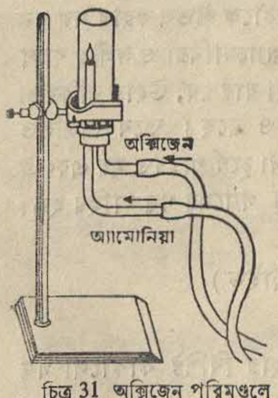
(ii) **ইহা বায়ুতে দাহ্য নহে এবং দহনের সহায়কও নহে :** একটি উপুড়-করা গ্যাসজারে অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করিয়া উহার মধ্যে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, শলাকাটি নিভিয়া গিয়াছে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাসও জ্বলিতেছে না।

(iii) **ইহা বায়ু অপেক্ষা লঘুতর :** একটি উপুড়-করা অ্যামোনিয়া-পূর্ণ গ্যাসজারের নীচে একটি খালি অর্থাৎ বায়ুপূর্ণ গ্যাসজার দাঁড় করানো অবস্থায় মুখোমুখি চাপিয়া ধরিয়া সবশুদ্ধ উল্টাইয়া ফেলিলে নীচের গ্যাসজার হইতে অ্যামোনিয়া উপরের গ্যাসজারে যাইয়া জমা হইবে এবং উপরের গ্যাসজারে একটি লাল লিটমাস দ্রবণে সিক্ত ফিলটার পেপার ঢুকাইলে উহার লাল রঙ নীল হইয়া যাইবে। সুতরাং প্রমাণিত হইবে যে, উপরের গ্যাসজারে বায়ুকে স্থানচ্যুত করিয়া লঘুতর অ্যামোনিয়া প্রবেশ করিয়াছে।

(iv) **ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সংস্পর্শে ঘন সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে :** এই পরীক্ষায় একটি গ্যাসজারে কয়েক ফোঁটা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া ঝাঁকাইয়া ভিতরের দেওয়াল ভালভাবে অ্যাসিডে সিক্ত করিবার পর গ্যাসজারটিকে একটি মুখবন্ধ-করা, দাঁড় করানো, অ্যামোনিয়া-পূর্ণ গ্যাসজারের উপর উপুড় করিয়া স্থাপন করা হয়। অতঃপর দুই গ্যাসজারের মধ্যবর্তী ঢাকনাটিকে সরাইয়া লইলে দেখা যায় যে, উভয় গ্যাসজারই অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধোঁয়ার দ্বারা পূর্ণ হইয়া গিয়াছে।

(v) **অ্যামোনিয়া অক্সিজেন পরিমণ্ডলে জ্বলিতে থাকে :** অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত হইতেছে এমন একটি চওড়া নলের মধ্যে একটি সরু নলের মাধ্যমে আমোনিয়া গ্যাস চালিত করিয়া জ্বালাইয়া দিলে দেখা যাইবে যে, উহা সবুজাভ হলুদ শিখাসহ জ্বলিতেছে।

$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2$$



চিত্র 31 অক্সিজেন পরিমণ্ডলে অ্যামোনিয়ার দহন

(vi) **প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের সহিত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া :** একটি শঙ্কুকূপীর মধ্যে লাইকার অ্যামোনিয়া লইয়া উহার মধ্যে অক্সিজেন গ্যাস চালনা করা হইল এবং একটি লোহিত তপ্ত প্লাটিনাম তারের কুণ্ডলী শঙ্কুকূপীর মধ্যে ঢুকাইয়া নিঃসৃত অক্সিজেন-অ্যামোনিয়া মিশ্রণের উপর ধরা হইল। দেখা যাইবে গ্যাস-মিশ্রণ মৃদু বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করিবে। প্লাটিনাম তারের কুণ্ডলী আরও অধিক উত্তপ্ত হইয়া উজ্জ্বলতর হইবে এবং শঙ্কুকূপী বাদামী-লাল নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিপূর্ণ হইয়া যাইবে।

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_3O$$

$$2NO+O_2=2NO_2$$

সঙ্গে সঙ্গে কিছু অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটও উৎপন্ন হইয়া সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করিবে। $2NO_2+O_2+2H_2O+4NH_3=4NH_4NO_3$

অ্যামোনিয়ার মধ্যে হাইড্রোজেনের ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্বের প্রমাণ :

(ক) হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব : প্রবেশ নল ও নির্গম-নল সংযুক্ত একটি চওড়া দৃঢ়কাচনলের মধ্যে কিছু ধাতব সোডিয়াম খণ্ডকে উত্তপ্ত করিয়া গলান হইল। এখন প্রবেশ নলের মাধ্যমে ঐ গলিত সোডিয়ামের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করিলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইবে। এই নির্গত গ্যাসকে জলের নিম্নাপরণদ্বারা সংগ্রহ করিলে গ্যাসের মধ্যে উপস্থিত অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া পৃথক হইয়া যাইবে। সংগৃহীত গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেনের সকল ধর্মের পরিচয় পাওয়া যাইবে। সংগৃহীত গ্যাসের মধ্যে একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে শলাকাটি নিভিয়া যাইবে কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখা-সহ জ্বলিতে থাকিবে। $2Na+2NH_3=H_2+2NaNH_2$ (সোডামাইড)

(খ) নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব : একদিকে প্রবেশনল ও অন্যদিকে বক্র নির্গম-নল সংযুক্ত একটি চওড়া দৃঢ় কাচনলের মধ্যে কপার অক্সাইড লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে এবং প্রবেশনলের মাধ্যমে ঐ উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করিলে, অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকিবে।

$$2NH_3+3CuO=N_2+3H_2O+3Cu$$

নির্গত গ্যাসের মধ্যে অ্যামোনিয়ার জারণের ফলে সৃষ্ট নাইট্রোজেন জলীয় বাষ্প এবং অবিকৃত কিছু অ্যামোনিয়া উপস্থিত থাকে। উহাকে শীতল করার পর ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প দূরীভূত করা হয়। প্রাপ্ত গ্যাসটিকে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, উহার সক্রিয়তা খুবই সামান্য, উহা দাহ্যও নহে, দহনের সহায়কও নহে। তবে প্রজ্বলিত ম্যাগনেসিয়াম তার গ্যাসটির সহিত বিক্রিয়া করিয়া সাদা চূর্ণে পরিণত হয় এবং ঐ সাদা চূর্ণে জল যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে অ্যামোনিয়া গ্যাসের গন্ধ বাহির হয়। সুতরাং গ্যাসটি নাইট্রোজেন।

$N_2+3Mg=Mg_3N_2$ (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড)

$Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$

সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) অ্যামোনিয়াকে উহার বিশিষ্ট ঝাঁঝালো গন্ধ দ্বারা সনাক্ত করা যায়।

(ii) এই গ্যাস লাল লিটমাস দ্রবণে সিক্ত কাগজকে নীল করে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সংস্পর্শে সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে।

(iii) ইহা নেস্‌লার দ্রবণের (অর্থাৎ K_2 $[HgI_4]$-এর দ্রবণের) সহিত বিক্রিয়া করিয়া বাদামী রঙের অধঃক্ষেপের অথবা খুব অল্প পরিমাণ অ্যামোনিয়া

উপস্থিত থাকিলে দ্রবণে বাদামী অথবা হলুদ বর্ণের উদ্ভব ঘটায়। বাদামী অধঃক্ষেপের সঙ্কেত সম্ভবত $NH_2.Hg_2I_3$।

(iv) মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে কালো হইয়া উঠে। কালো রঙের উৎপত্তির কারণ মারকিউরিক অ্যামিনো লবণ ও মারকারি মিশ্রণের অধঃক্ষেপ ; $2Hg_2(NO_3)_2 + 4NH_3 + H_2O$

$$= O\begin{bmatrix} Hg \\ \\ Hg \end{bmatrix}NH_2.NO_3 + 2Hg + 3NH_4NO_3$$

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার ঃ

(i) জমিতে সার হিসাবে ব্যবহৃত ইউরিয়া এবং বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুতির জন্য বিপুল পরিমাণ আমোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

(ii) অস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের ও সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্পোৎপাদনের জন্য ; নাইলন, অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন, রঞ্জক পদার্থ ও বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে ব্যবহৃত কাঁচামাল প্রস্তুতির জন্য অ্যামোনিয়া একটি অত্যাবশ্যকীয় উপাদান।

(iii) রসায়নাগারে ধাতব মূলকের সিক্ত পরীক্ষা এবং অন্য বহু পরীক্ষার জন্য অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(iv) বরফ তৈরির কারখানায় এবং অনেক শীতলীকরণের কাজে তরল অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

(v) অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণ সর্দি-কাশি ও জ্বর কমাইবার ঔষধে ব্যবহৃত হয়। অজ্ঞান ব্যক্তির দ্রুত জ্ঞান ফিরাইয়া আনিবার জন্য ব্যবহৃত স্মেলিং সল্টের প্রধান উপাদান অ্যামোনিয়াম কার্বনেট $(NH_4)_2CO_3$।

(vi) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিয়া অনেক সময় স্নেহজাতীয় পদার্থ দূর করা হয়।

অ্যামোনিয়ার সংযুতি

আয়তনমাত্রিক সংযুতি ঃ ইউডিয়োমিটার পদ্ধতি (বার্থোলেটের পদ্ধতি), হফ্‌মানের পদ্ধতি ইত্যাদি বিভিন্ন পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

ইউডিয়োমিটার পদ্ধতি (বার্থোলেটের পদ্ধতি) ঃ এই পদ্ধতিতে প্রথমে একটি ইউডিয়োমিটার নলে মারকারির অপসারণ দ্বারা একটি নির্দিষ্ট আয়তন অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করিয়া উপর্যুপরি তড়িৎক্ষরণের সাহায্যে উহাকে সম্পূর্ণভাবে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে বিয়োজিত করা হয়। দেখা যায় যে, বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন প্রাথমিক আয়তনের দ্বিগুণ হইয়া গিয়াছে। অতঃপর ইউডিয়োমিটার নলে অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন প্রবেশ করাইয়া আয়তন লক্ষ্য করা হয় এবং বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের

মিলন ঘটাইবার পর শীতল করিয়া আয়তন সঙ্কোচন নির্ণয় করা হয়। ধরা যাক, কোন পরীক্ষায় গৃহীত অ্যামোনিয়ার প্রাথমিক আয়তন = 10 সি.সি.

তড়িৎক্ষরণের পর উৎপন্ন হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রণের আয়তন হইল = 20 সি.সি.

অক্সিজেন যোগ করার পর আয়তন হইল = 30 সি.সি.

দেখা গেল বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন = 7·5 সি.সি.

∴ অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণের পরে সঙ্কোচন = 22·5 সি.সি.

$$\underset{2\text{ আয়তন}}{2H_2} + \underset{1\text{ আয়তন}}{O_2} = 2H_2O$$

শীতলীকরণের ফলে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প জলে রূপান্তরিত হয় বলিয়া স্পষ্টত মোট 3 আয়তন সঙ্কোচন হইলে 2 আয়তন অর্থাৎ মোট সঙ্কোচনের দুই-তৃতীয়াংশ হাইড্রোজেনের আয়তন।

∴ মোট 22·5 সি.সি. সঙ্কোচন হইলে হাইড্রোজেনের আয়তন = $\frac{2}{3} \times 22{\cdot}5$
= 15 সি.সি.

∴ বিদ্যুৎ-ক্ষরণের ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের আয়তন = 20 − 15 = 5 সি.সি.

∴ 5 সি.সি. নাইট্রোজেন 15 সি.সি. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 10 সি.সি. অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

অর্থাৎ, এক আয়তন নাইট্রোজেন তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেতঃ এক আয়তন নাইট্রোজেন তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

ধরা যাক, এক আয়তন যে-কোনও গ্যাসে উপস্থিত অণুর সংখ্যা = n
(অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প)

∴ n অণু নাইট্রোজেন $3n$ অণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া $2n$ অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

∴ 1 অণু নাইট্রোজেন 3 অণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

∴ 2 পরমাণু নাইট্রোজেন 6 পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। (∵ নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক)

∴ 1 অণু অ্যামোনিয়ার মধ্যে 1 পরমাণু নাইট্রোজেন এবং 3 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত NH_3

অ্যামোনিয়ার ওজনমাত্রিক সংযুতিঃ একটি পূর্বনির্ণীত ওজনের কপার অক্সাইড চূর্ণ ও কপার তারজালির দ্বারা অর্ধপূর্ণ দীর্ঘ কাচনলের একপ্রান্তকে পর্যায়ক্রমে একটি শীতক ফ্লাস্ক ও পাথুরে চুনপূর্ণ U-নলের সহিত সংযুক্ত করিয়া U-নলের অপর বাহুকে একটি বক্র নির্গম-নলের মাধ্যমে গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে

ডুবাইয়া রাখা হয়। প্রথমে কিছুক্ষণ অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিয়া কাচনলের পর্যায়ক্রমে একটি শীতক ফ্লাস্ক ও পাথুরে চুনপূর্ণ U-নলের সহিত সংযুক্ত করিয়া U-নলের অপর বাহুকে একটি বক্র নির্গম-নলের মাধ্যমে গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়। প্রথমে কিছুক্ষণ অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিয়া কাচনলের ভিতরকার বায়ু বিতাড়িত করার পর কাচনলটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। অ্যামোনিয়া ও কপার অক্সাইডের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন জলীয় বাষ্পকে শীতক ফ্লাস্ক ও চুনপূর্ণ U-নলে এবং নাইট্রোজেনকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসদ্রোণীর জলের উপরে অংশাঙ্কিত এক মুখ বন্ধ কাচনলের মধ্যে সংগ্রহ ও পরিমাপ করা হয়। পরীক্ষার পূর্বে ও পরে নির্ণীত শীতক ফ্লাস্ক ও চুনপূর্ণ U-নলের একত্রিত ওজনের অন্তর হইতে উৎপন্ন জলের ওজন পাওয়া যাইবে। কপার অক্সাইড-কপারবাহী কাচনলের পরীক্ষাপূর্ব ও পরীক্ষা-পরবর্তী ওজনের অন্তর হইতে পূর্বোক্ত জলের মধ্যে উপস্থিত অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যাইবে। সুতরাং উপরি-উক্ত দুইটি ওজন হইতে অ্যামোনিয়ার মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেনের ওজন সহজেই বাহির হইবে।

সংগৃহীত নাইট্রোজেনের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় পরিবর্তিত করিয়া উহার ওজন নির্ণয় করা হয়। সঠিক ভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, অ্যামোনিয়ার মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদাই 3 : 14 হয়।

ওজনমাত্রিক সংযুতি হইতে অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় :

অ্যামোনিয়ার মধ্যে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের ওজনমাত্রিক অনুপাত $=3:14$

∴ হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের পরমাণু সংখ্যার অনুপাত $=\frac{3}{1}:\frac{14}{14}=3:1$

(∵ হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 1 এবং 14)

∴ অ্যামোনিয়ার স্থূল সঙ্কেত NH_3 এবং আণবিক সঙ্কেত $(NH_3)_x$

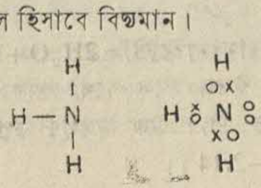
অ্যামোনিয়ার বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে উহা 8·5

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব 17

∴ $(14+3\times1)x=17$ ∴ $x=1$

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত NH_3

অ্যামোনিয়ার গঠন : নাইট্রোজেনের বহিঃস্থ কক্ষে উপস্থিত পাঁচটি ইলেকট্রনের মধ্যে তিনটি ইলেকট্রন, তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত সমযোজী বন্ধনে যুক্ত এবং অবশিষ্ট দুইটি অসমযোজী বন্ধনে দাতা হইবার ক্ষমতা-সম্পন্ন নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল হিসাবে বিদ্যমান।



নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ ঃ নাইট্রোজেনের ছয়টি অক্সাইড। উহাদের নাম, আণবিক সঙ্কেত এবং যৌগে উপস্থিত নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা নিম্নরূপ ঃ

নাম	আণবিক সঙ্কেত	নাইট্রোজেনের জারণসংখ্যা
নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	+1
নাইট্রিক অক্সাইড	NO	+2
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	N_2O_3	+3
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	ON_2	+4
ডাইনাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড	N_2O_4	+4
নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড	N_2O_5	+5

উপরি-উক্ত অক্সাইডগুলির মধ্যে প্রথম পাঁচটি গ্যাস এবং শেষোক্তটি কঠিন। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও ডাইনাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড বাস্তবে একই যৌগ, কেননা ইহারা সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে। নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডের স্থায়িত্ব খুবই কম, সাধারণ উষ্ণতায় ইহার প্রধান অংশ বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

নাইট্রাস অক্সাইড (লাফিং গ্যাস)

আণবিক সঙ্কেত N_2O ; আণবিক গুরুত্ব 44 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 22

প্রিস্টলে 1772 খ্রীস্টাব্দে প্রথম লক্ষ্য করেন যে, নাইট্রিক অক্সাইড আর্দ্র আয়রনের সংস্পর্শে আয়তনে সঙ্কুচিত হইয়া এমন একটি গ্যাস উৎপন্ন করে যাহা দহনের সহায়ক [$Fe + H_2O + 2NO = Fe(OH)_2 + N_2O$]। 1785 খ্রীস্টাব্দে বার্থোলেট অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া এই গ্যাস প্রস্তুত করেন এবং ডেভি 1799 খ্রীস্টাব্দে একই পদ্ধতিতে উহা প্রস্তুত করিয়া দেখেন যে, ঐ গ্যাসের প্রভাবে হাস্যোদ্রেক হয় এবং তাই উহার নাম দেন **লাফিং গ্যাস** (laughing gas)।

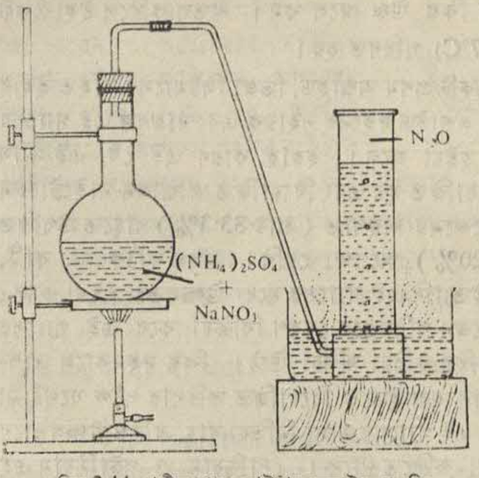
নাইট্রাস অক্সাইডের প্রস্তুত প্রণালী

(ক) পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ একটি বক্র নির্গম-নলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট লইয়া নির্গম-নলের বাহিরের প্রান্তকে একটি গ্যাসদ্রোণীর ভিতর উত্তপ্ত জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে 170°C তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট গলিয়া যায় এবং 200° সেন্টিগ্রেডের নীচে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন করিতে আরম্ভ করে।

NH_4NO_3 (অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট) $= 2H_2O + N_2O$ (নাইট্রাস অক্সাইড)

উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড শীতল জলে যথেষ্ট দ্রাব্য বলিয়া উহাকে উষ্ণ জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসদ্রোণীর উপর উষ্ণ জলপূর্ণ উপুড় করিয়া ধরা গ্যাসজারের মধ্যে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র—2.14)।

যেহেতু 250° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিস্ফোরিত হইতে পারে, তাই উত্তপ্ত করার সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন। বিস্ফোরণের সম্ভাবনা কমাইবার জন্য অনেক সময় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের পরিবর্তে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। ইহারা প্রথমে বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন করে যাহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়।



চিত্র 2.14 পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = 2NH_4NO_3 + Na_2SO_4$$
$$NH_4NO_3 = 2H_2O + N_2O$$

এইরূপে প্রস্তুত নাইট্রাস অক্সাইড বিশুদ্ধ নহে। বিশুদ্ধিকরণের জন্য এই গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে (ক) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া নাইট্রোজেনের উচ্চতর অক্সাইডগুলি হইতে ; (খ) গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া ক্লোরিন ও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প হইতে এবং (গ) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করিয়া মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। তবে ইহার মধ্যে কিছু নাইট্রোজেন থাকিয়া যায়।

(খ) অন্যান্য পদ্ধতি

(i) আর্দ্র নাইট্রিক অক্সাইডকে সালফার ডাই-অক্সাইড বা সালফাইট দ্বারা বিজারিত করিয়া $2NO + SO_2 + H_2O = H_2SO_4 + N_2O$

(ii) অতি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডকে জিঙ্ক, কপার ইত্যাদি ধাতু দ্বারা বিজারিত করিয়া $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

(iii) স্টানাস ক্লোরাইডের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত করিয়া

$$4SnCl_2 + 2HNO_3 + 8HCl = 4SnCl_4 + 5H_2O + N_2O$$

(iv) নিম্নচাপে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎক্ষরণ করিলেও অল্প পরিমাণ নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2N_2O$

(v) আণবিক গুরুত্বের অনুপাতে মিশ্রিত হাইড্রক্সিল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের মিশ্রণকে মৃদু উত্তপ্ত করিলে অতি বিশুদ্ধ নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $NH_2OH, HCl + NaNO_2 = NaCl + N_2O + 2H_2O$

নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ নাইট্রাস অক্সাইড মৃদু, মিষ্ট গন্ধ ও স্বাদযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী এবং শীতল জলে যথেষ্ট পরিমাণে দ্রাব্য। অ্যাল্‌কোহলে ইহার দ্রাব্যতা আরও অধিক কিন্তু উষ্ণ জলে কম। শীতল করিলে ইহা একটি বর্ণহীন তরলে (স্ফুটনাঙ্ক $-88{\cdot}7°C$) পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ ইহা একটি প্রশম অক্সাইড, ভিজা লিটমাসের সহিত ইহার কোনও ক্রিয়া নাই। নাইট্রাস অক্সাইড দহনের সহায়ক এবং দাহবস্তু এই গ্যাসের মধ্যে বায়ু অপেক্ষা উজ্জ্বলতর হইয়া জ্বলে। ইহার কারণ এই যে, এই গ্যাস দহনকালে সামান্য উত্তাপেই বিয়োজিত হয় এবং বিয়োজিত অক্সিজেন-নাইট্রোজেন মিশ্রণের মধ্যে উপস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত (প্রায় 33·3%) বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত (প্রায় 20%) অপেক্ষা বেশি। জ্বলন্ত কাঠকয়লা, কাঠি, ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম তার ইত্যাদি এই গ্যাসের মধ্যে উজ্জ্বলতর হইয়া জ্বলে; লোহিততপ্ত লোহার তার অক্সিজেন পরিমণ্ডলে যেরূপ বিক্রিয়া করে এই গ্যাসের পরিমণ্ডলেও তদনুরূপ ফুল্‌কি বাহির করিয়া জ্বলিয়া উঠে। কিন্তু দহনকালে তাপমাত্রা অত্যন্ত অল্প এবং নাইট্রাস অক্সাইডকে বিয়োজিত করিবার পক্ষে যথেষ্ট না হওয়ায় মৃদুভাবে জ্বলন্ত গন্ধক এই গ্যাসের মধ্যে নিভিয়া যায়, যদিও উজ্জ্বলভাবে জ্বলন্ত গন্ধক দ্বিগুণ উজ্জ্বল হইয়া জ্বলিতে থাকে। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলিয়া অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং জ্বলন্ত হাইড্রোজেন শিখার আয়তন এই গ্যাসের মধ্যে অনেক বাড়িয়া যায়। প্রত্যেক ক্ষেত্রেই দহনের ফলে সংশ্লিষ্ট মৌলের অক্সাইড ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$C+2N_2O=CO_2+2N_2\ ;\quad P_4+10N_2O=2P_2O_5+10N_2$$
$$Mg+N_2O=MgO+N_2\ ;\quad 3Fe+4N_2O=Fe_3O_4+4N_2$$
$$S+2N_2O=SO_2+2N_2\ ;\quad 2Na+N_2O=Na_2O+N_2$$

কিন্তু উত্তপ্ত সোডামাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা সোডিয়াম অ্যাজাইড উৎপন্ন করে। $N_2O+NaNH_2=H_2O+NaN_3$ (সোডিয়াম অ্যাজাইড)

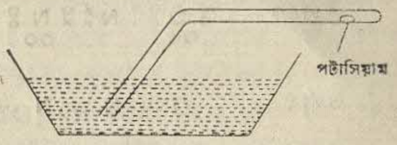
500° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হইতে আরম্ভ করে এবং 900°C তাপমাত্রায় বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়। $2N_2O=2N_2+O_2$। কিন্তু 1300° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড অংশত অন্যভাবে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2N_2O \overset{1300°C}{=} 2NO+N_2$$

মানবদেহের উপর প্রভাব ঃ এই গ্যাস মানুষের স্নায়ুকেন্দ্রকে প্রভাবিত করে। অল্প পরিমাণে গ্রহণ করিলে ইহার প্রভাবে হাস্যোদ্রেক হয়, বেশিক্ষণ গ্রহণ করিলে মানুষ সংজ্ঞাহীন হইয়া পড়ে এবং তাহার বেদনাবোধ লুপ্ত হয়। কিন্তু বহুক্ষণ অধিক পরিমাণে নাইট্রাস অক্সাইড গ্রহণ করিলে মানুষের মৃত্যু পর্যন্ত ঘটিতে পারে।

ব্যবহার ঃ অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া এই গ্যাসকে ছোটখাটো অস্ত্রোপচারের সময়ে ক্ষীণ চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

নাইট্রাস অক্সাইডের সংযুতি ঃ গে-লুসাক ও থেনার্ড 1811 খ্রীস্টাব্দে মারকারির উপরে একটি বক্র কাচনলের মধ্যে নির্দিষ্ট আয়তনের নাইট্রাস অক্সাইড লইয়া, কাচনলটির অনুভূমিক অংশে এক খণ্ড পটাসিয়াম ধাতু অনুপ্রবিষ্ট করিয়া উত্তপ্ত করেন। পটাসিয়াম নাইট্রাস অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারণ করিলে দেখা যায় যে, অবশিষ্ট নাইট্রোজেনের আয়তন গৃহীত নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তনের সমান থাকিয়া গিয়াছে (চিত্র 2.15) অর্থাৎ নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে তাহার সম-আয়তন নাইট্রোজেন আছে।



চিত্র 2.15 নাইট্রাস অক্সাইডের সংযুতি

∴ V সি.সি. নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে V সি.সি. নাইট্রোজেন আছে।

n অণু নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে n অণু নাইট্রোজেন আছে।

(অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প)

এক অণু নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে এক অণু অর্থাৎ দুই পরমাণু নাইট্রোজেন আছে। (∵ নাইট্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক)

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের সঙ্কেত N_2O_x

এখন নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22 ∴ আণবিক গুরুত্ব 44

$\therefore\ 2\times14+x\times16=44 \quad \therefore\ 16x=16 \quad \therefore\ x=1$

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত N_2O

নাইট্রাস অক্সাইড ও অক্সিজেনের ধর্মের তুলনা

	নাইট্রাস অক্সাইড	অক্সিজেন
1. ভৌত ধর্ম	মিষ্ট স্বাদ ও গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। শীতল জলে যথেষ্ট এবং অ্যালকোহলে আরও অধিক দ্রাব্য। বায়ুর প্রায় দেড়গুণ বেশি ভারী।	স্বাদ-গন্ধ বর্ণহীন গ্যাস। শীতল জল ও অ্যালকোহলে দ্রাব্যতা যথাক্রমে যৎসামান্য ও অল্প। বায়ু অপেক্ষা সামান্য বেশি ভারী।
2. ক্ষারীয় পাইরো-গ্যালেট দ্রবণ	কোনও ক্রিয়া নাই।	গ্যাসটি তৎক্ষণাৎ শোষিত হয়।
3. অ্যামোনিয়াযুক্ত CuCl দ্রবণ	কোনও ক্রিয়া নাই।	গ্যাস শোষণ করিয়া দ্রবণ ঘন নীলবর্ণ ধারণ করে।
4. নাইট্রিক অক্সাইড	কোনও ক্রিয়া নাই।	গাঢ় বাদামীবর্ণ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।
5. জ্বলন্ত ফসফরাস জলের উপর নৌকায় ভাসাইয়া গ্যাসপূর্ণ গ্যাসজার দ্বারা চাপা দিলে	দহনের সহায়ক। জ্বলন্ত ফসফরাস আরও তীব্রভাবে জ্বলিতে থাকে। বিক্রিয়াশেষে গ্যাসজারে জল প্রবেশ করে না।	দহনের সহায়ক। জ্বলন্ত ফসফরাস আরও তীব্রভাবে জ্বলিতে থাকে। বিক্রিয়াশেষে গ্যাসজার জল দ্বারা পূর্ণ হইয়া যায়।

নাইট্রাস অক্সাইডের গঠন ঃ ইহার অণু সরলরৈখিক ও অপ্রতিসম (linear and unsymmetrical)

ইহাকে $\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{:O:}}\,\vdots\,N\,\vdots\,\vdots\,\underset{\circ\circ}{N}:$ এবং $\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\times O :}}\overset{\circ\times}{\underset{\circ\times}{N}}\,N\,\overset{\times}{\times}$

অর্থাৎ $O = N \rightleftharpoons N$ এবং $O \leftarrow N \equiv N$, এই দুই গঠনের

অনুনাদী সংকর বলিয়া মনে করা হয়।

নাইট্রিক অক্সাইড

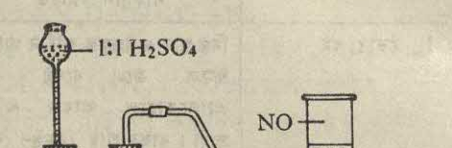
আণবিক সঙ্কেত NO, আণবিক গুরুত্ব 30 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 15

পূর্বে যদিও হেলমন্ট, মেয়োভ, ক্যাভেণ্ডিস প্রমুখ এই গ্যাস প্রস্তুত করিয়াছিলেন, তবু 1772 খ্রীস্টাব্দে প্রিস্টলে স্বতন্ত্র একটি গ্যাস হিসাবে ইহাকে প্রথম উপলব্ধি করেন। তিনি কপার এবং মারকারির সঙ্গে লঘু নাট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এই গ্যাস উৎপন্ন করিয়াছিলেন।

নাইট্রিক অক্সাইডের প্রস্তুতি

(ক) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী ঃ** (ধাতু দ্বারা নাতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ) পরীক্ষাগারে ঘরের উষ্ণতায় নাতিগাঢ় (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত কপারের কুচির (copper turning) বিক্রিয়ায় এই গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

দীর্ঘনল ফানেল ও বক্র নির্গম-নলযুক্ত একটি উল্ফ্-বোতলের মধ্যে কিছু কপারের কুচি লইয়া দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে উহার মধ্যে সমায়তন জল ও ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ এমনভাবে ঢালা হয়, যাহাতে দীর্ঘনল ফানেলের শেষপ্রান্ত অ্যাসিড মিশ্রণের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। নির্গম-নলটির উল্ফ্ বোতলে অনুপ্রবিষ্ট প্রান্ত বোতলের গলার কাছে এবং অন্য প্রান্ত একটি গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়। অ্যাসিড এবং কপারের কুচি পরস্পরের সংস্পর্শে আসা মাত্র বিক্রিয়া শুরু হয় এবং উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড বোতলের মধ্যে উপস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গাঢ় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডের স্রোতের সঙ্গে এই বাদামী গ্যাস এবং নাইট্রোজেন সম্পূর্ণ বাহির হইয়া যাইবার পর বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 2.16 নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি

বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ উপরি-উক্ত উপায়ে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড বিশুদ্ধ নহে। ইহার মধ্যে নাইট্রোজেন ও নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইডের প্রস্তুতির জন্য উপরি-উক্ত অশুদ্ধিযুক্ত নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসকে ফেরাস সালফেটের ঘন দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেট দ্বারা শোষিত হইয়া একটি বাদামী রঙের যুতযৌগ $Fe(NO)SO_4$ গঠন করে। পরে এই ঘন বাদামী রঙের যুতযৌগকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

(খ) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী

(i) **নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সরাসরি সংযোগ দ্বারা ঃ** নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণকে অথবা বায়ুকে অতি উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অথবা ঐ মিশ্রণের মধ্য দিয়া তড়িৎক্ষরণ করিলে উপস্থিত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের একাংশ সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$$

(ii) **নাইট্রাইট বিজারণ দ্বারা ঃ** পটাসিয়াম আয়োডাইড ও পটাসিয়াম নাইট্রাইট (অথবা সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণের) মিশ্রণে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে যোগ করিলে নাইট্রাইট বিজারিত হইয়া বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2KI + 2KNO_2 + 2H_2SO_4 = I_2 + 2NO + 2K_2SO_4$

অনুরূপভাবে পটাসিয়াম নাইট্রাইট ও পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণের মিশ্রণকে ধীরে ধীরে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মধ্যে ঢালিলেও বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড}}{K_4[Fe(CN)_6]} + KNO_2 + 2CH_3COOH = \underset{\text{পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড}}{K_3[Fe(CN)_6]} + NO + H_2O + 2CH_3COOK$$

(iii) **নাইট্রেট বিজারণ দ্বারা ঃ** পটাসিয়াম নাইট্রেট অথবা সোডিয়াম নাইট্রেটকে তপ্ত অবস্থায় সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেট অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা বিজারিত করিলেও প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$6FeSO_4 + 2KNO_3 + 4H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O + K_2SO_4$$

$$3FeCl_2 + NaNO_3 + 4HCl = 3FeCl_3 + NaCl + 2H_2O + NO$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট, মারকারি ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ভালো-ভাবে ঝাঁকাইলে ঘরের তাপমাত্রাতেই নাইট্রিক অক্সাইড নির্গত হয় এবং ইহাকে কঠিন কস্টিক পটাসের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$2KNO_3 + 4H_2SO_4 + 6Hg = 3Hg_2SO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O + 2NO$$

(iv) **অ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারা ঃ** অ্যামোনিয়া গ্যাসকে বায়ু অথবা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া 700°-800° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত

প্লাটিনাম অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$

নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী এবং জলে অতি সামান্য মাত্রায় দ্রাব্য। ইহাকে তরলে পরিণত করা কষ্টসাধ্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) ইহা দাহ্য বা দহনের সহায়ক নহে। কিন্তু 1000° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে উত্তপ্ত হইলে ইহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। তাই প্রজ্বলিত সালফার বা কাঠকয়লা এই গ্যাসের মধ্যে নির্বাপিত হইয়া গেলেও উজ্জ্বলভাবে জ্বলন্ত ফসফরাস বা ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলিতে থাকে। $P_4 + 10NO = 2P_2O_5 + 5N_2$

$$2Mg + 2NO = 2MgO + N_2$$

(ii) ইহা প্রশম অক্সাইড। কিন্তু জল বা ক্ষারীয় দ্রবণের উপস্থিতিতে ইহা অতি ধীরে নাইট্রাস অক্সাইড এবং নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইটে রূপান্তরিত হইতে থাকে। $4NO + 2NaOH = N_2O + 2NaNO_2 + H_2O$

(iii) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** অত্যুত্তপ্ত ধাতুর উপর দিয়া চালিত করিলে ইহা বহুক্ষেত্রে বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

$$2NO + 4K = 2K_2O + N_2$$

$$2Ni + 2NO = 2NiO + N_2 ;\quad 2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

(iv) **অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া ঃ** সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া গাঢ় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $2NO + O_2 = 2NO_2$

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে নাইট্রিক অক্সাইড বা অক্সিজেনের উপস্থিতি সনাক্ত করা যায়।

(v) **হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া ঃ** হাইড্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণের মধ্য দিয়া তড়িৎক্ষরণ করিলে নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$2NO + 2H_2 = 2H_2O + N_2$$

কিন্তু এই গ্যাস-মিশ্রণকে উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। $2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$

আবার টিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড হাইড্রক্সিল অ্যামিন উৎপন্ন করে।

$$3Sn + 8HCl + 2NO = 3SnCl_2 + 2NH_2OH, HCl$$

হাইড্রক্সিল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড

(vi) **যুত বিক্রিয়া ঃ** চারকোল অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রিক অক্সাইড ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2NO + Cl_2 = 2NOCl$$

ফেরাস সালফেট দ্রবণের মধ্যে পরিচালিত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি কালচে-বাদামী রঙের যুতযৌগ গঠন করে। যৌগটি সুস্থিত নয় এবং উত্তপ্ত করিলেই উহা বিয়োজিত হইয়া পুনরায় নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। $FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4$

ক্ষারীয় পটাসিয়াম সালফাইট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড পটাসিয়াম ডাইনাইট্রোসো সালফাইট উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ডাইনাইট্রোসো সালফাইটে অ্যাসিড যোগ করিলে নাইট্রাস অক্সাইড নির্গত হয়।

$$K_2SO_3 + 2NO = K_2(NO)_2SO_3 \; ; \; K_2(NO)_2SO_3 = K_2SO_4 + N_2O$$

(vii) **নাইট্রিক অ্যাসিডে জারণ:** নাইট্রিক অক্সাইডের জারণের ফলে নাইটিক অ্যাসিডও উৎপন্ন হইতে পারে। নাইট্রিক অক্সাইড পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণের দ্বারা ধীরে ধীরে জারিত হয় কিন্তু ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ব্যবহৃত হইলে এই জারণ ক্রিয়া অতি দ্রুত ঘটে।

(অ্যাসিড দ্রবণ) $6KMnO_4 + 10NO + 9H_2SO_4$

$$= 10HNO_3 + 3K_2SO_4 + 6MnSO_4 + 4H_2O$$

(ক্ষারীয় দ্রবণ) $NO + KMnO_4 = KNO_3 + MnO_2$

আয়োডিন জলের উপস্থিতিতে নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত করে। $3I_2 + 2NO + 4H_2O = 2HNO_3 + 6HI$

(viii) নাইট্রিক অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে কয়েক মিলি. কার্বন ডাই-সালফাইড ফেলিয়া ঝাঁকাইলে উহা বাষ্পীভূত হইয়া যাইবে এবং তারপর ঐ বাষ্পমিশ্রণকে জ্বালাইলে উহা অতি উজ্জ্বল নীল শিখাসহ জ্বলিয়া উঠিবে।

$$2CS_2 + 10NO = 2CO + 4SO_2 + 5N_2$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, নাইট্রিক অক্সাইড জারক ও বিজারক দুই ভাবেই বিক্রিয়া করে। (i), (iii), (v) এবং (viii) নং বিক্রিয়ায় ইহা জারকরূপে ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন, অ্যামোনিয়া ইত্যাদিতে বিজারিত হইয়াছে। আবার (ii) অথবা (vii) নং বিক্রিয়ায় বিজারকরূপে ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড বা উহার লবণে জারিত হইয়াছে।

ব্যবহার: বায়ুমধ্যে তড়িৎক্ষরণের সাহায্যে অথবা অ্যামোনিয়াকে প্লাটিনামের উপস্থিতিতে বায়ু দ্বারা জারিত করিয়া প্রাপ্ত নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের জন্য বিপুল পরিমাণে ব্যবহার করা হয়। লেড চেম্বার পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের জন্য অক্সিজেন বাহক হিসাবেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ: (i) অক্সিজেনের সংস্পর্শে ঘরের তাপমাত্রায় ঘন বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করার এবং (ii) ফেরাস সালফেট দ্রবণে শোষিত হইয়া দ্রবণের রঙকে কালচে বাদামী রঙে রূপান্তরিত করার ক্ষমতা হইতে এই গ্যাসকে সনাক্ত করা যায়।

নাইট্রিক অক্সাইডের সংযুতি ঃ মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারা একটি বক্র কাচনলে সংগৃহীত নাইট্রিক অক্সাইড হইতে ধাতব পটাসিয়ামের সাহায্যে অক্সিজেন অপসারিত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইডের অনুরূপ পদ্ধতিতে ইহার সংযুতি নির্ণয় করা যায়।

নাইট্রিক অক্সাইডের গঠন ঃ নাইট্রিক অক্সাইড অণু প্যারাচুম্বকীয় (Paramagnatic) এবং ইহাতে একটি বিজোড় ইলেকট্রন বর্তমান। খুব সম্ভবত ইহা নিম্নরূপ দুইটি গঠনের এক অনুনাদী সংকর।



নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (নাইট্রাস অ্যানহাইড্রাইড)

আণবিক সঙ্কেত N_2O_3

প্রস্তুতি ঃ লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডকে আর্সেনিয়াস অক্সাইড অথবা স্টার্চের সহিত পাতিত করিয়া নির্গত বাষ্পকে হিমমিশ্রণে শীতল করিলে ঘন নীলবর্ণ উদ্বায়ী তরল হিসাবে নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$As_2O_3 + 2HNO_3 + 2H_2O = N_2O_3 + 2H_3AsO_4$ (আর্সেনিক অ্যাসিড)

$2C_6H_{10}O_5 + 18HNO_3 = 9N_2O_3 + 6\,(COOH)_2 + 13H_2O$

অক্সালিক অ্যাসিড

(ক) পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি ঃ একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং নির্গম-নল সংযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে আর্সেনিয়াস অক্সাইড লইয়া দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে উহার মধ্যে 56% নাট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। অতঃপর নির্গম-নলকে হিমমিশ্রণে নিমজ্জিত কুণ্ডলীকৃত শীতকের মাধ্যমে একটি গ্রাহক নলের সহিত সংযুক্ত করিয়া ফ্লাস্কটিকে মৃদু উত্তপ্ত করিলে ফ্লাস্ক হইতে নির্গত নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড বাষ্প শীতকের মধ্যে তরলে পরিণত হয় এবং বিন্দু বিন্দু আকারে গ্রাহক-নলের মধ্যে জমা হইতে থাকে।

(খ) তরলবায়ু দ্বারা শীতলীকৃত কঠিন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সহিত নাইট্রিক অক্সাইডের বিক্রিয়ার ফলেও নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

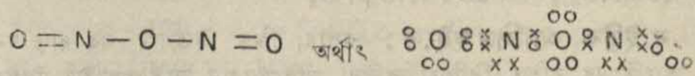
$$NO + NO_2 \rightleftharpoons N_2O_3$$

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডের ধর্ম ঃ নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড লালচে-বাদামী বর্ণ গ্যাস। শীতল করিলে ইহা নীলবর্ণ তরলে এবং আরও শীতল করিলে নীল বর্ণ কঠিন কেলাসে পরিণত হয়। -27° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে ইহা নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হইতে আরম্ভ করে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজনের মাত্রা বাড়িতে থাকে এবং ঘরের তাপমাত্রায় ইহার প্রায় শতকরা 90% বিয়োজিত হইয়া যায় [$N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$]। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এই গ্যাস শোষণ করিয়া নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $2H_2SO_4 + N_2O_3 = 2NO.HSO_4 + H_2O$। ইহা আম্লিক

অক্সাইড, জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাস অ্যাসিড এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$N_2O_3 + H_2O = HNO_2 \quad ; \quad N_2O_3 + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O$$

নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইডের গঠন : ঘন নীল বর্ণ হওয়া সত্ত্বেও তরল নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড ডায়াচুম্বকীয় (Diamagnetic)। সুতরাং ইহার মধ্যে কোনও বিজোড় ইলেকট্রন উপস্থিত থাকে না। ইহার আণবিক গঠন



নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং ডাইনাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড

আণবিক সঙ্কেত NO_2 এবং N_2O_4

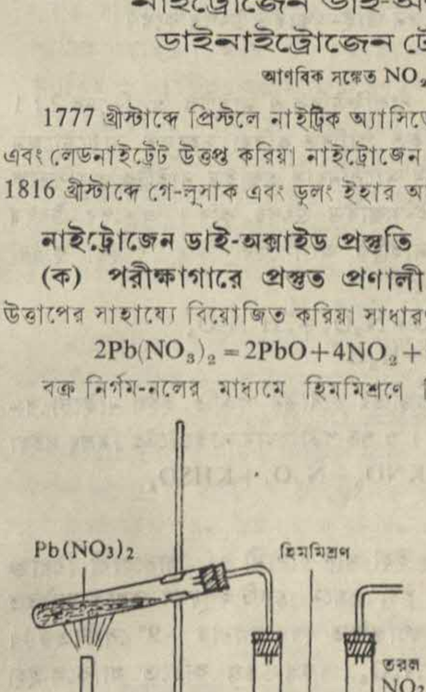
1777 খ্রীস্টাব্দে প্রিস্টলে নাইট্রিক অ্যাসিডের উপর কপারের বিক্রিয়ার সাহায্যে এবং লেডনাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করেন। কিন্তু 1816 খ্রীস্টাব্দে গে-লুসাক এবং ডুলং ইহার আণবিক সঙ্কেত সর্বপ্রথম নির্ণয় করেন।

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

(ক) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : পরীক্ষাগারে শুষ্ক লেডনাইট্রেটকে উত্তাপের সাহায্যে বিয়োজিত করিয়া সাধারণত ইহাকে প্রস্তুত করা হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

বক্র নির্গম-নলের মাধ্যমে হিমমিশ্রণে নিমজ্জিত U-নলের সহিত যুক্ত দৃঢ়কাচ পরীক্ষা-নলের মধ্যে চূর্ণিত লেড-নাইট্রেট লইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ঘন বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় উৎপন্ন হইবে এবং U-নলে শীতলীকৃত হইয়া হলুদবর্ণ তরলরূপে সঞ্চিত হইতে থাকিবে। তবে লেডনাইট্রেট সম্পূর্ণ শুষ্ক না হইলে জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নীলবর্ণ নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডের উপস্থিতির জন্য ইহার রঙ পরিবর্তিত হইয়া সবুজ বলিয়া প্রতীয়মান হইতে পারে। $4NO_2 + H_2O = N_2O_3 + 2HNO_3$



চিত্র 2.17 পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী

এইরূপে প্রাপ্ত তরল নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা ডাই-নাইট্রোজেন

টেট্রক্সাইডকে একটি নির্গম-নলযুক্ত পরীক্ষা-নলে লইয়া জলগাহে উষ্ণ করিলে ঘন বাদামী বর্ণ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইবে এবং উহাকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা যাইবে।

(খ) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী

(i) ক্ষারীয় ধাতু ব্যতীত অধিকাংশ ধাতুর নাইট্রেট লবণকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

(ii) **নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে ঃ** কপার, জিঙ্ক ইত্যাদি বহু ধাতু ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

(iii) **নাইট্রিক অক্সাইড হইতে ঃ** সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

(iv) আর্সেনিয়াস অক্সাইডকে ঘন সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের 2 : 1 ওজনের অনুপাতে মিশ্রিত মিশ্রণের সহিত পাতিত করিয়া সহজেই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়। প্রথমে আর্সেনিয়াস অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। অতঃপর উৎপন্ন নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$As_2O_3 + 2HNO_3 + 2H_2O = N_2O_3 + 2H_3AsO_4$$
$$N_2O_3 + 2HNO_3 \rightleftharpoons 4NO_2 + H_2O$$

(v) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির সর্বোত্তম পদ্ধতি হইল নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড (চেম্বার কেলাস) ও শুষ্ক পটাসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ লইয়া উত্তপ্ত করা। $NO.HSO_4 + KNO_3 = N_2O_4 + KHSO_4$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা গাঢ় বাদামী বর্ণ, শ্বাসরোধী বিষাক্ত উত্তম গ্যাস। হিমমিশ্রণে শীতল করিলে ইহা প্রথমে একটি হলুদবর্ণ তরলে ঘনীভূত হইয়া পরে বর্ণহীন কঠিন কেলাসে রূপান্তরিত হয় (গলনাঙ্ক $-9°$ সেন্টিগ্রেড)। কঠিন অবস্থায় ইহা সম্ভবত সম্পূর্ণরূপে N_2O_4 ; কিন্তু উত্তপ্ত করিতে থাকিলে ইহা ক্রমশ অধিক পরিমাণে NO_2 অবস্থায় বিয়োজিত হইতে থাকে। 21·9° সেন্টিগ্রেডে অর্থাৎ স্ফুটনাঙ্কে ইহার বিয়োজনের মাত্রা 15·7%, যাহা বাড়িতে বাড়িতে 140° সেন্টিগ্রেডে 100%-এ পরিণত হয়। আরও অধিক উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে এবং 620° সেন্টিগ্রেডে সম্পূর্ণভাবে নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেনে রূপান্তরিত হয়।

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$$

রাসায়নিক ধর্ম

(i) **দহন :** নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নহে কিন্তু ইহা বহুক্ষেত্রে দহনের সহায়তা করে। তীব্রভাবে জ্বলন্ত কার্বন, ফসফরাস, সালফার বা ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে।

$2C + 2NO_2 = 2CO_2 + N_2$; $2S + 2NO_2 = 2SO_2 + N_2$

$2P_4 + 10NO_2 = 4P_2O_5 + 5N_2$; $4Mg + 2NO_2 = 4MgO + N_2$

পটাসিয়াম এই গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে জ্বলিয়া উঠে এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডকে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত করে কিন্তু উত্তপ্ত সোডিয়াম এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলিয়া উহাকে নাইট্রোজেনে পরিণত করে।

$K + 2NO_2 = KNO_3 + NO$; $8Na + 2NO_2 = N_2 + 4Na_2O$

(ii) **আম্লিক ধর্ম :** নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড আম্লিক অক্সাইড। ইহা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে ; তাই ইহা মিশ্র আম্লিক অক্সাইড। অবশ্য উৎপন্ন নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রুত বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং তাই জলের সহিত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় শেষ পর্যন্ত পাওয়া যায় নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড। $2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$; $3HNO_2 = HNO_3 + 2NO$

কিন্তু হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত তরল ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডে সাবধানে জল মিশাইলে অথবা তরলটিকে বরফের মধ্যে ঢালিলে একটি ঘন নীল নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড-প্রধান স্তরকে পৃথক হইতে দেখা যায়।

$$2N_2O_4 + H_2O \rightleftharpoons N_2O_3 + 2HNO_3$$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$N_2O_4 + H_2SO_4 \rightleftharpoons HSO_4.NO + HNO_3$$

ক্ষারীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এই গ্যাস নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। $2NO_2 + 2KOH = KNO_3 + KNO_2 + H_2O$

উত্তপ্ত পাথুরে চুন এই গ্যাস শোষণ করিয়া নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণ গঠন করে, কিন্তু নাইট্রাইট লবণ পরবর্তী বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইড নির্গত করে।

$$2CaO + 4NO_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2$$
$$Ca(NO_2)_2 + 2NO_2 = Ca(NO_3)_2 + 2NO$$
$$Ca(NO_2)_2 + 2NO = Ca(NO_3)_2 + N_2$$

(iii) **জারণ ধর্ম :** নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের জারণ-ক্ষমতা উল্লেখযোগ্য। ইহা সাধারণ উষ্ণতায় মারকারির সহিত বিক্রিয়া করে। সূক্ষ্ম চূর্ণে পরিণত ধাতব কপার ঘরের তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রাস অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। এইরূপে উৎপন্ন কিউপ্রাস অক্সাইড অতঃপর অতিরিক্ত পরিমাণ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া তথাকথিত 'নাইট্রোকপারে' পরিণত হয়। $2Cu + NO_2 = Cu_2O + NO$।

দহনকালে বিভিন্ন ধাতু ও অধাতু যেরূপে জারিত হয় সে সম্পর্কে পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। এতদ্ব্যতীত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে উত্তপ্ত আয়রন, সোডিয়াম, কপার ইত্যাদি বহু ধাতুব উপর দিয়া চালিত করিলে ধাতুগুলি জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। $4Cu + 2NO_2 = 4CuO + N_2$

সাধারণ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন সালফাইড সালফারকে মুক্ত করে।

$$CO + NO_2 = CO_2 + NO\ ;\ NO_2 + H_2S = H_2O + NO + S$$

উত্তপ্ত প্লাটিনামের উপর দিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ চালিত হইলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়। $2NO_2 + 7H_2 = 2NH_3 + 4H_2O$

স্টীমের উপস্থিতিতে ইহা সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $SO_2 + NO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO$

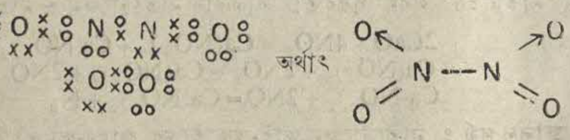
নাট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে। $2KI + NO_2 + H_2O = 2KOH + I_2 + NO$

নাইট্রোজেনের ডাইঅক্সাইডের সংযুতি ঃ উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া এই গ্যাস চালিত করিয়া সংযুতি নির্ণয় করা হয়। কপারবাহী কাচনলের ওজনের বৃদ্ধি হইতে গ্যাসে উপস্থিত অক্সিজেনের পরিমাণ এবং উৎপন্ন নাইট্রোজেনকে একটি গোলকে সংগ্রহ করিয়া নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ধারিত হয়।

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইটের গঠন ঃ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের অণুতে একটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে এবং তাই ইহা প্যারাচুম্বকীয়। সম্ভবত ইহা অস্বাভাবিক তিন ইলেকট্রনীয় বন্ধনবিশিষ্ট নিম্নরূপ তুইটি গঠনের অনুনাদী সঙ্কর।



কিন্তু ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড ডায়াচুম্বকীয় এবং খুব সম্ভবত ইহার গঠন ঃ



নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যানহাইড্রাইড

আণবিক সঙ্কেত N_2O_5

(ক) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী ঃ একটি বক্‌যন্ত্রের মধ্যে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের শীতল অবস্থায় মিশ্রিত মিশ্রণ লইয়া জলগাহে

বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে এবং বক্‌যন্ত্রটির নির্গম মুখে একটি গ্রাহক পাত্র সংযুক্ত করিয়া রাখিলে, গ্রাহক পাত্রে ধীরে ধীরে একটি কমলা রঙের তরল সংগৃহীত হইবে। এই কমলা রঙের তরলকে আরও শীতল করিলে নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইডের কঠিন কেলাস পাওয়া যাইবে।

$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$ (মেটাফসফোরিক অ্যাসিড)

(খ) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী ঃ (i) শুষ্ক সিলভার নাইট্রেটের উপর ক্লোরিন গ্যাসের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4AgNO_3 + 2Cl_2 = 4AgCl + 2N_2O_5 + O_2$$

(ii) তরল ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডের মধ্যে ওজোনমিশ্রিত অক্সিজেন গ্যাস চালনা করিলেও নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$N_2O_4 + O_3 = N_2O_5 + O_2$$

নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইডের ধর্ম ঃ

ভৌতধর্ম ঃ সাধারণ উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন উদগ্রাহী কেলাস যাহা 30° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গলিয়া যাইয়া কমলা রঙের তরলে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ কেবলমাত্র 0° সেন্টিগ্রেডের নীচে নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড সুস্থিত যৌগ। সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা ধীরে ধীরে বিয়োজিত হইতে থাকে কিন্তু দ্রুত উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণসহ বিয়োজন ঘটে।

$$2N_2O_5 = 4NO_2 + O_2$$

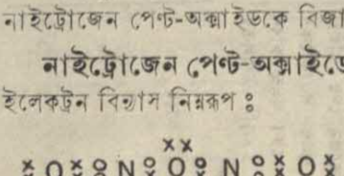
ইহা হিস্‌ হিস্‌ শব্দসহ অতি সহজেই জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। সেইজন্য ইহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বা নিরুদক বলে। $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$

সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ফসফরাস ইত্যাদি সহজ দাহ্য মৌল তরল নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইডে ফেলিয়া মৃদু উত্তপ্ত করিলে জ্বলিয়া উঠে। ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড বাষ্পের মধ্যে জলন্ত চারকোল উজ্জ্বলতর হইয়া জ্বলে।

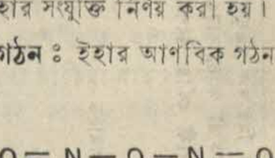
শক্তিশালী জারণ ধর্মের জন্য ইহা আয়োডিনকে অয়োডিন পেণ্ট-অক্সাইডে জারিত করে।

নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইডের সংযুতি ঃ উত্তপ্ত কপারের সাহায্যে নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ইহার সংযুক্তি নির্ণয় করা হয়।

নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইডের আণবিক গঠন ঃ ইহার আণবিক গঠন ও ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ



অর্থাৎ



নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির তুলনা

N_2O	NO	N_2O_3	NO_2	N_2O_5
বর্ণহীন, মিষ্ট স্বাদ গন্ধযুক্ত হাস্যোদ্রেককারী গ্যাস, বায়ুর সহিত বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন করে না।	বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু সংস্পর্শে বাদামী ধোঁয়া সৃষ্টি করে $2NO + O_2 = 2NO_2$	সাধারণ উষ্ণতায় লালচে বাদামী গ্যাস, নিম্ন তাপমাত্রায় নীল তরল।	গাঢ় বাদামী গ্যাস, নিম্নতর তাপমাত্রায় হলুদ তরল এবং −9°C-এ বর্ণহীন কঠিন প্রায় সম্পূর্ণ N_2O_4।	সাধারণ উষ্ণতায় বর্ণহীন কেলাস, 30°C-এ কমলাবর্ণ তরল।
প্রশম অক্সাইড	প্রশম অক্সাইড	আম্লিক অক্সাইড। জলের সহিত বিক্রিয়ায় HNO_2 হয়। $N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$	মিশ্র আম্লিক অক্সাইড। জলের সহিত বিক্রিয়ায় শীতল অবস্থায় HNO_3 ও HNO_2 এবং উষ্ণ অবস্থায় NO ও HNO_3 দেয়। $2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$, $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$	আম্লিক অক্সাইড জলে অতি সহজে দ্রবীভূত হইয়া HNO_3 দেয়। $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$
দাহ্য নয়। সহজে বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন দেয় বলিয়া শিখাহীন জলন্ত শলাকাকেও প্রজ্বলিত করে। জলন্ত কার্বন ফসফরাস ইত্যাদি উজ্জ্বলতর হইয়া জলে।	দাহ্য নয়। উচ্চ তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয় বলিয়া তীব্রভাবে জলন্ত ফসফরাস ইত্যাদির দহনে সহায়তা করিলেও শিখাহীন জলন্ত শলকা প্রজ্বলিত করিতে পারে না।	দাহ্য নয়। উচ্চ তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয় বলিয়া তীব্রভাবে জলন্ত ফসফরাস কার্বন ইত্যাদির দহনের সহায়তা করিলেও শিখাহীন জলন্ত শলাকা প্রজ্বলিত করিতে পারে না।	দাহ্য নয়। উচ্চ তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয় বলিয়া তীব্র ভাবে জলন্ত ফসফরাস কার্বন ইত্যাদির দহনের সহায়তা করিলেও শিখাহীন শলাকা প্রজ্বলিত করিতে পারে না।	দাহ্য নয়। ঘরের তাপমাত্রায় গ্যাস নয়, তাই দাহকও নয়। কিন্তু ইহার বাষ্প প্রজ্বলিত Na, K, P, C ইত্যাদির দহনের সহায়ক।
জারণ ধর্ম আছে	জারণ ধর্ম আছে। KI দ্রবণ হইতে I_2 মুক্ত করে। বিজারণ ধর্ম আছে। $KMNO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে। Cl_2-এর সহিত যুক্ত হয়। $FeSO_4$ দ্রবণে শোষিত হয়।	জারণ ধর্ম আছে। KI দ্রবণ হইতে I_2 মুক্ত করে। বিজারণ ধর্ম আছে। Br_2-এর জলীয় দ্রবণকে HBr করে। অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে।	জারণ ধর্ম আছে। KI দ্রবণ হইতে I_2 মুক্ত করে।	জারণ ধর্ম আছে।

নাইট্রাস অ্যাসিড

আণবিক সঙ্কেত HNO_2 আণবিক গুরুত্ব 47

নাইট্রাস অ্যাসিড সুস্থিত যৌগ নহে। কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণেই ইহার অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া যায়। কিন্তু এই অ্যাসিডের সোডিয়াম, পটাসিয়াম, বেরিয়াম, সিলভার ইত্যাদি লবণকে স্থায়ী কেলাসরূপে সহজেই প্রস্তুত করা যায়। যেমন সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে ইহারা বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন নির্গত করে এবং নাইট্রাইটে পরিণত হয়। অতঃপর ঐ নাইট্রাইট লবণকে কেলাসন প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিশুদ্ধ করা হয়।

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$$

বেরিয়াম নাইট্রাইট ও সিলভার নাইট্রাইট প্রস্তুত করা হয় সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণের সহিত সংশ্লিষ্ট ধাতব ক্লোরাইড বা নাইট্রেট লবণের বিপরিবর্ত বিক্রিয়ার সাহায্যে।

$$BaCl_2 + 2NaNO_2 = Ba(NO_2)_2 + 2NaCl$$

$$AgNO_3 + NaNO_2 = AgNO_2 + NaNO_3$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের প্রস্তুতি : (i) বরফ শীতল অবস্থায় বেরিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড ও অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। অতঃপর অধঃক্ষিপ্ত অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিলে পরিস্রুত হিসাবে নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। হাল্কা নীল রঙের এই দ্রবণ অস্থিত ; বিশেষত যদি উহাকে উষ্ণ করা অথবা ঝাঁকানো হয় তাহা হইলে উহা দ্রুত বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড নির্গত করে।

(ii) শীতল অবস্থায় সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি যে-কোনও ধাতুর নাইট্রাইট লবণে শীতল লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এমনকি অ্যাসেটিক অ্যাসিড যোগ করিলেও নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_2 + HCl = HNO_2 + NaCl$$

$$CH_3COOH + KNO_2 = CH_3COOK + HNO_2$$

(iii) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলেও উহা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$

নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম : সদ্যপ্রস্তুত নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের রঙ হাল্কা আকাশী নীল। ইহার স্থায়িত্ব খুব কম। রাখিয়া দিলে ইহা ধীরে ধীরে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হইতে থাকে। উত্তপ্ত করিলে অথবা ঝাঁকাইলে এই বিয়োজনের মাত্রা বাড়িয়া যায়। নাইট্রাস অ্যাসিডের অপেক্ষাকৃত গাঢ় দ্রবণ হইতে বিয়োজনের ফলে নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের একটি মিশ্রণ নির্গত হয়।

$$2HNO_2 = H_2O + NO + NO_2$$

কিন্তু নাইট্রাস অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। $3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$

অ্যাসিড ধর্ম : নাইট্রাস অ্যাসিড দুর্বল একক্ষারিক (monobasic) অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণে সিলভার, কপার ও বিসমাথ দ্রবীভূত হয়, কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় না। তাহার পরিবর্তে নির্গত হয় নাইট্রোজেনের অক্সাইড। $Cu+4HNO_2=Cu(NO_2)_2+2NO+2H_2O$

$$Ag+2HNO_2=AgNO_2+NO+H_2O$$

ক্ষারকীয় অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$NaOH+HNO_2=NaNO_2+H_2O$$

জারণ ধর্ম : নাইট্রাস অ্যাসিড জারক এবং বিজারক দুইভাবেই বিক্রিয়া করে। জারক হিসাবে ইহা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে, স্ট্যানাস লবণকে স্ট্যানিক লবণে এবং ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিণত করে।

$$2KI+2HNO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+2NO+2H_2O+I_2$$
$$2FeSO_4+2HNO_2+H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+2NO+2H_2O$$
$$2SnCl_2+2HNO_2+4HCl=2SnCl_4+N_2O+3H_2O$$

ইহা সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে এবং হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$SO_2+2HNO_2=H_2SO_4+2NO\ ;\ H_2S+2HNO_2=S+2H_2O+2NO$$

স্ট্যানাস ক্লোরাইডের জারণের ক্ষেত্র ব্যতীত অন্য ক্ষেত্রগুলিতে নাইট্রাস অ্যাসিড নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

বিজারণ ধর্ম : নাইট্রাস অ্যাসিডের বিজারণ ধর্মও আছে। ইহা অ্যাসিড-যুক্ত পটাসিয়াম প্যারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ এবং ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া জলে এবং অ্যাসিডযুক্ত ডাইক্রোমেট লবণকে সবুজ ক্রোমিক লবণে পরিণত করে। কিন্তু ক্ষারীয় প্যারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের উপর ইহার কোনও ক্রিয়া নাই।

$$2KMnO_4+5HNO_2+3H_2SO_4=K_2SO_4+2MnSO_4+5HNO_3+3H_2O$$
$$Br_2+H_2O+HNO_2=2HBr+HNO_3$$
$$H_2O_2+HNO_2=H_2O+HNO_3$$
$$K_2Cr_2O_7+3HNO_2+4H_2SO_4$$
$$=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+3HNO_3+4H_2O$$

নাইট্রোজেনে বিয়োজন : অ্যামোনিয়া অথবা ইউরিয়ার জলীয় দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। $HNO_2+NH_4Cl=N_2+2H_2O+HCl$

$$NH_2CONH_2\ (\text{ইউরিয়া})+2HNO_2=2N_2+3H_2O+CO_2$$

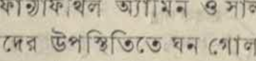
জৈব অ্যামিনের সহিত বিক্রিয়া : নাইট্রাস অ্যাসিড অ্যালিফেটিক অ্যামিনকে অ্যালকোহলে এবং অ্যারোমেটিক অ্যামিনকে ডায়াজো যৌগে রূপান্তরিত করে।

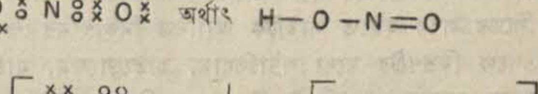
$$C_2H_5NH_2+HNO_2=C_2H_5OH+N_2+H_2O$$
$$C_6H_5NH_2,HCl+HNO_2=C_6H_5N_2Cl+2H_2O$$

সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উষ্ণ করিলে লালচে বাদামী গ্যাস উৎপন্ন হয়, (ii) অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম প্যারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ অথবা ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ ইহা দ্বারা বর্ণহীন হয়, (iii) অ্যাসিডযুক্ত স্টার্চ আয়োডাইড দ্রবণ নীল হয়। এই সকল পরীক্ষা নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট লবণের সনাক্তকরণের জন্য ব্যবহৃত হইলেও এই পরীক্ষাগুলিতে অন্য অনেক যৌগও সাড়া দেয়। নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট লবণের নিশ্চিন্ত সনাক্তকরণ পরীক্ষা হইল, (iv) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত মেটাফিনিলিন ডাই-অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড দ্রবণে ইহাদের উপস্থিতিতে ঘন বাদামী বর্ণের সঞ্চার এবং (v) অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অ্যালফান্যাফথিল অ্যামিন ও সালফ্যানালিক অ্যাসিড দ্রবীভূত করিয়া প্রস্তুত দ্রবণে ইহাদের উপস্থিতিতে ঘন গোলাপী বর্ণের আবির্ভাব।

ব্যবহার : (i) জৈব যৌগের মধ্যে অ্যামিনো মূলকের সনাক্তকরণ পরীক্ষায় এবং (ii) অ্যাজো-ডাই শ্রেণীর রঞ্জকদ্রব্য প্রস্তুতিতে নাইট্রাস অ্যাসিড ব্যাপক ভাবে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রাস অ্যাসিডের আণবিক গঠন : নাইট্রাস অ্যাসিডের গঠনকে সাধারণত নিম্নরূপে সূচিত করা হয় :

 অর্থাৎ H—O—N=O

নাইট্রাইট আয়নকে 

অর্থাৎ $[O-N=O]^-$ এবং $[O=N-O]^-$—এই দুই গঠনের অনুনাদী সংকর হিসাবে মনে করা হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড

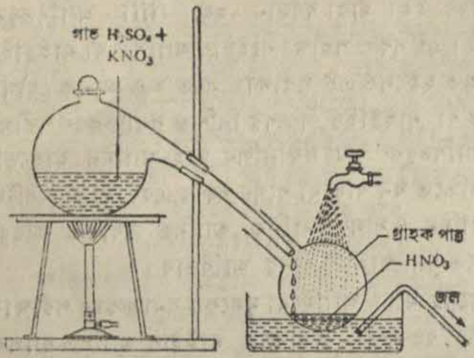
আণবিক সঙ্কেত HNO_3 আণবিক গুরুত্ব 63

1100 খ্রীস্টাব্দে শোরা (KNO_3) ও হীরাকষ ($FeSO_4, 7H_2O$) মিশ্রণ পাতিত করিয়া সর্বপ্রথম নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইয়াছিল। 1658 খ্রীস্টাব্দে গ্লোবার পটাসিয়াম নাইট্রেটকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পাতিত করিয়া ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন।

নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি

(ক) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : পরীক্ষাগারে আণবিক গুরুত্বের অনুপাতে মিশ্রিত পটাসিয়াম নাইট্রেট (অথবা সোডিয়াম নাইট্রেট) ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে প্রায় 200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। $KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3$

কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রের মধ্যে 49 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড এবং 50 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট লইয়া উহাকে একটি তারজালি আবৃত ত্রিপদ স্ট্যাণ্ডের উপর ক্ল্যাম্পের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া বসানো হয়। বকযন্ত্রটির নির্গমপ্রান্ত একটি জলে ভাসমান এবং জলধারায় শীতলীকৃত গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে অনুপ্রবিষ্ট থাকে। বকযন্ত্রটিকে ধীরে ধীরে প্রায় 200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে নির্গত হইয়া শীতলীকৃত ফ্লাস্কটির মধ্যে তরলাকারে সঞ্চিত হয় (চিত্র 2.18)।



চিত্র 2.18 পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

বিশেষ দ্রষ্টব্য : (i) সালফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডের তুলনায় কম উদ্বায়ী। সেইজন্য এই কম উদ্বায়ী অ্যাসিডকে অধিকতর উদ্বায়ী নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণ হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড নিষ্কাশনের জন্য ব্যবহার করা হয়। প্রকৃতপক্ষে মিশ্রণটির মধ্যে পটাসিয়াম, হাইড্রোজেন, নাইট্রেট, বাইসালফেট ও যৎসামান্য সালফেট আয়ন উপস্থিত থাকে কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্কের উপরে উত্তপ্ত হইলে এই আয়নগুলির মধ্যে কেবল হাইড্রোজেন ও নাইট্রেট আয়ন পরস্পর সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পের আকারে নির্গত হয় এবং পটাসিয়াম ও বাইসালফেট আয়ন পটাসিয়াম বাইসালফেট রূপে পড়িয়া থাকে

$$H_2SO_4 = H^+ + HSO_4^- \; ; \; KNO_3 = K^+ + NO_3^- \; ; \; H^+ + NO_3^- = HNO_3 \uparrow \; ; \; K^+ + HSO_4^- = KHSO_4$$

(ii) পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পর বকযন্ত্রে অবশিষ্ট পটাসিয়াম বাইসালফেট একটি অ্যাসিড লবণ এবং ইহার উচ্চতর উষ্ণতায় আরও এক অণু পটাসিয়াম নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বাড়তি এক অণু নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের ক্ষমতা আছে। কিন্তু বাস্তবে নিম্নলিখিত কারণে এই বিক্রিয়ার সাহায্য গ্রহণ করা হয় না : (ক) $KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করিতে প্রায় 800° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার প্রয়োজন হয় এবং এই তাপমাত্রায় কাচে প্রস্তুত বকযন্ত্র ফাটিয়া যাইতে পারে।

(খ) 800°C তাপ মাত্রায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বেশি পরিমাণে বিয়োজিত হয় এবং উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে উপস্থিত অশুদ্ধির পরিমাণ বাড়িয়া যায়।

(গ) পটাসিয়াম বাইসালফেট জলে অতিশয় দ্রাব্য এবং সহজেই উহাকে ধুইয়া বকযন্ত্র পরিষ্কার করা যায়। কিন্তু কঠিন পটাসিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা তুলনামূলকভাবে কম এবং ইহাকে বকযন্ত্র হইতে সহজে ধুইয়া বাহির করা যায় না।

অশুদ্ধি দূরীকরণ : এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত অবস্থায় অশুদ্ধি হিসাবে থাকিয়া যায় বলিয়া উহাকে হরিদ্রাভ বলিয়া মনে হয়। এই নাইট্রিক অ্যাসিডে ঘন-সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া নিম্নচাপে পাতনের সাহায্যে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং পরিশেষে প্রাপ্ত অ্যাসিডের মধ্যে 70° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় বায়ু প্রবাহিত করিলে উহার মধ্যে দ্রবীভূত নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি অপসারিত হইয়া অ্যাসিড বর্ণহীন হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাইবার জন্য উপরি-উক্ত বর্ণহীন 98% নাইট্রিক অ্যাসিডকে −42° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় শীতল করার প্রয়োজন। তাহা হইলে বর্ণহীন বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের কঠিন বর্ণহীন কেলাস উৎপন্ন হইবে।

(খ) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী : নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন প্রসঙ্গে অন্যত্র আলোচিত হইয়াছে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন ধূমায়মান তরল। আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·52। ইহার একটি শ্বাসরোধী গন্ধ আছে। নাইট্রিক অ্যাসিড অতি তীব্র অ্যাসিড এবং জলের সহিত যে-কোনও অনুপাতে মিশ্রণযোগ্য। বিশুদ্ধ অ্যাসিড 86° সেন্টিগ্রেডে আংশিক বিয়োজনের সহিত ফুটিয়া বাষ্পে পরিণত হয়। শিল্পে ব্যবহার্য নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব 68%, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·42 এবং স্ফুটনাঙ্ক 121° সেন্টিগ্রেড। চামড়ার সংস্পর্শে আসিলে ইহা হলুদ রঙের ফোস্কা এবং ক্ষত সৃষ্টি করে। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডকে অল্প As_2O_3 বা স্টার্চ মিশাইয়া পাতিত করিলে অতিরিক্ত জারণক্ষমতাবিশিষ্ট NO_2 উদ্গারী বাদামী বর্ণ 'ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড' উৎপন্ন হয়।

রাসায়নিক ধর্ম

বিয়োজন : উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিয়োজিত হয়। উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর বিন্দু বিন্দু নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে উহা বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন, স্টীম ও ঘন বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

জারণ ধর্ম : নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন উহার সর্বোচ্চ জারণসংখ্যায় আছে এবং ইহা সহজে অক্সিজেন নির্গত করিতে পারে বলিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড অতি তীব্র জারক, বিশেষত ঘন অবস্থায় এবং উচ্চতর তাপমাত্রায়। ইহা ধাতু অধাতু নির্বিশেষে অধিকাংশ মৌল এবং বহু যৌগকে জারিত করিয়া নিম্নতর জারণসংখ্যা বিশিষ্ট নাইট্রোজেনের অক্সাইড অথবা অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়। জারণ করিবার সময়ে ইহা নিজে পর্যায়ক্রমে নিম্নলিখিতরূপে বিজারিত হয় :

$$H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+4}{N}O_2 \rightarrow \overset{+3}{N}_2O_3 \rightarrow \overset{+2}{N}O \rightarrow \overset{+1}{N}_2O \rightarrow \overset{-3}{N}H_3$$

বিজারণের মাত্রা নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব এবং বিজারকের চরিত্র ও গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল। সাধারণত ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে,

মধ্যম গাঢ়ত্বের অ্যাসিড নাইট্রিক অক্সাইডে এবং অতি লঘু অ্যাসিড নাইট্রাস অক্সাইডে অথবা অ্যামোনিয়ায় (অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে, যাহাকে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট রূপে পাওয়া যায়) বিজারিত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ বিক্রিয়ার অনেকগুলি অপেক্ষাকৃত জটিল। এই সব বিক্রিয়ায় জারণসংখ্যার সাহায্যে সমতাবিধান করাই সর্বাপেক্ষা বেশি সুবিধাজনক। অবশ্য আংশিক সমীকরণের সাহায্যেও সমতাবিধান করা যায়, তবে সময় বেশি লাগে। ছাত্রদের সুবিধার জন্য নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ বিক্রিয়াকালে সংশ্লিষ্ট পরমাণুর জারণসংখ্যার পরিবর্তন সমীকরণের সহিত প্রদর্শিত হইল। সংশ্লিষ্ট পরমাণুগুলির জারণসংখ্যার পরিবর্তনে সমতা আনিতে জারক বিজারক অণুগুলির অনুপাত কিভাবে ঠিক করা হইয়াছে তাহা বুঝিবার পক্ষে প্রদর্শিত জারণসংখ্যাগুলি সহায়তা করিবে। জারণসংখ্যার সাহায্যে সমীকরণে সমতাবিধান করার নিয়ম অন্যত্র বিশদভাবে আলোচিত হইয়াছে।

অধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ উষ্ণ অবস্থায় ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সালফার, ফসফরাস ও আয়োডিনকে জারিত করিয়া যথাক্রমে সালফিউরিক, ফসফোরিক ও আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$\overset{0}{S} + 2H\overset{+5}{N}O_3 = 2\overset{+2}{N}O + H_2\overset{+6}{S}O_4$$ (সালফিউরিক অ্যাসিড)

$$\overset{0}{P_4} + 10H\overset{+5}{N}O_3 + H_2O = 5\overset{+2}{N}O + 5\overset{+4}{N}O_2 + 4H_3\overset{+5}{P}O_4$$
ফসফোরিক অ্যাসিড

$$3\overset{0}{I_2} + 10H\overset{+5}{N}O_3 = 10\overset{+2}{N}O + 2H_2O + 6H\overset{+5}{I}O_3$$
আয়োডিক অ্যাসিড

মৃদুভাবে জ্বলন্ত চারকোল ঘননাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইলে উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে এবং উত্তপ্ত কাঠের গুঁড়ার উপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে অধিকাংশ সময়ে উহাতে আগুন জ্বলিয়া উঠে।

$$\overset{0}{C} + 4H\overset{+5}{N}O_3 = 4\overset{+4}{N}O_2 + 2H_2O + \overset{+4}{C}O_2$$
কার্বন-ডাই-অক্সাইড

প্রথম ক্ষেত্রে বিজারক সালফারের জারণসংখ্যায় পরিবর্তন 6 একক এবং জারক নাইট্রিক অ্যাসিডের নাইট্রোজেনের 3 একক; সুতরাং উহাদের পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত 1 ঃ 2 এবং বিজারক ও জারকের অণুসংখ্যার অনুপাতও 1 ঃ 2। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বিজারক ফসফরাস অণুর মধ্যে উপস্থিত ফসফরাসের জারণসংখ্যার পরিবর্তন 5 একক এবং জারক নাইট্রিক অ্যাসিডের নাইট্রোজেনের 2 একক (NO ও NO_2-এর মধ্যে উপস্থিত নাইট্রোজেনের জারণসংখ্যার গড় +3); সুতরাং বৈশিষ্ট্যসূচক পরমাণু সংখ্যার অনুপাত 2 ঃ 5 এবং বিজারক ও জারকের অণুসংখ্যার অনুপাত 1 : 10 (∵ ফসফরাস অণু চারটি পরমাণু দ্বারা গঠিত)।

অনুরূপভাবে তৃতীয় ক্ষেত্রে আয়োডিন ও নাইট্রোজেন পরমাণুর জারণসংখ্যার পরিবর্তন যথাক্রমে 5 একক ও 3 একক। সুতরাং উহাদের পরমাণুসংখ্যার অনুপাত 3 : 5 এবং বিজারক ও জারকের অণুসংখ্যার অনুপাত 3 : 10 (∵ আয়োডিন অণু দ্বিপরমাণুক) ইত্যাদি।

যৌগের সহিত বিক্রিয়া : উত্তপ্ত লঘু অথবা শীতল গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।

$$3H_2\overset{-2}{S} + 2H\overset{+5}{N}O_3 = 3\overset{0}{S} + 2\overset{+2}{N}O + 4H_2O$$

$$6K\overset{-1}{I} + 8H\overset{+5}{N}O_3 = 3\overset{0}{I}_2 + 2\overset{+2}{N}O + 6K\overset{+5}{N}O_3 + 4H_2O$$

[শেষোক্ত ক্ষেত্রে জারণসংখ্যার পরিবর্তন হইতে এবং আয়োডিন অণু দ্বিপরমাণুক বলিয়া বিজারক KI ও জারক HNO_3-এর অণুসংখ্যা যথাক্রমে 6 ও 2 হওয়া উচিত বলিয়া প্রতীয়মান হয় এবং প্রকৃতপক্ষে জারক হিসাবে 2 অণু HNO_3-ই বিক্রিয়া করিয়া 2 অণু NO-তে বিজারিত হইয়াছে। কিন্তু বামদিকে উপস্থিত 6টি পটাসিয়াম পরমাণু ডানদিকে 6টি KNO_3 অণু হিসাবে আবির্ভূত হইতেছে বলিয়া বামদিকে আরও 6টি অর্থাৎ মোট 8টি HNO_3 অণুর প্রয়োজন হইয়াছে। অবশ্য এই 8টি অণুর মধ্যে উপস্থিত +5 জারণসংখ্যাবিশিষ্ট নাইট্রোজেনের 6টি অবিজারিত অবস্থাতেই ডানদিকে KNO_3-এর মধ্যে আবির্ভূত হইয়াছে।]

ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে এবং সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে।

$$6\overset{+2}{Fe}SO_4 + 3H_2SO_4 + 2H\overset{+5}{N}O_3 = 3\overset{+3}{Fe}_2(SO_4)_3 + 2\overset{+2}{N}O + 4H_2O$$

$$\overset{+4}{S}O_2 + 2H\overset{+5}{N}O_3 = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2\overset{+4}{N}O_2$$

ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন ও নাইট্রোসিল ক্লোরাইডে পরিণত করে।

$$H\overset{+5}{N}O_3 + 3H\overset{-1}{Cl} = \overset{0}{Cl}_2 + 2H_2O + \overset{+3}{N}O\overset{-1}{Cl}$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড

[এই বিক্রিয়ায় 3 অণু HCl-এর মধ্যে 2 অণুর ভিতরকার −1 জারণসংখ্যা বিশিষ্ট ক্লোরিন জারিত হইয়া মুক্ত Cl_2-তে পরিণত হইয়াছে।]

অম্লরাজ (Aqua regia) : তিন অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও এক অণু নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ অর্থাৎ আয়তনানুসারে চার আয়তন ঘন হাইড্রোক্লোরিক এবং এক আয়তন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে অম্লরাজ বলে। ইহা গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি যেসব বরধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না, তাহাদেরও দ্রবীভূত করে। অ্যাসিড দুইটির পারস্পরিক বিক্রিয়াকালে যে-জায়মান ক্লোরিন নির্গত হয় তাহাই এই বরধাতুগুলিকে আক্রমণ করিয়া যৌগে পরিণত করে। $Au + 3[Cl] = AuCl_3$ (অরিক ক্লোরাইড)

উৎপন্ন অরিক ক্লোরাইড অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া ক্লোরো-অরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$AuCl_3 + HCl = HAuCl_4$$

ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড তীব্র জারক হইবার জন্য ধাতুর বিক্রিয়াকালে অধিকাংশ ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন নির্গত হয় না। তাহার পরিবর্তে উষ্ণতা ও ব্যবহৃত নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব অনুযায়ী নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কেবলমাত্র ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ধাতু দুইটি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2 \;;\; Mn + 2HNO_3 = Mn(NO_3)_2 + H_2$$

অন্যান্য ধাতুর সহিত বিভিন্ন অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া নিম্নে লিপিবদ্ধ হইল।

ধাতুর নাম	বিক্রিয়ার শর্ত	বিক্রিয়া
Cu	উষ্ণ ঘন অ্যাসিড	$\overset{0}{Cu} + 4H\overset{+5}{N}O_3 = \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + 2H_2O + 2\overset{+4}{N}O_2$
	শীতল মধ্যম গাঢ় ,,	$3\overset{0}{Cu} + 8H\overset{+5}{N}O_3 = 3\overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + 4H_2O + 2\overset{+2}{N}O$
	শীতল অতি লঘু ,,	$4\overset{0}{Cu} + 10H\overset{+5}{N}O_3 = 4\overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + 5H_2O + \overset{+1}{N}_2O$
Zn	উষ্ণ ঘন ,,	$\overset{0}{Zn} + 4H\overset{+5}{N}O_3 = \overset{2}{Zn}(NO_3)_2 + 2H_2O + 2\overset{+4}{N}O_2$
	শীতল মধ্যম গাঢ় ,,	$3\overset{0}{Zn} + 8H\overset{+5}{N}O_3 = 3\overset{+2}{Zn}(NO_3)_2 + 4H_2O + 2\overset{+2}{N}O$
	শীতল অতি লঘু ,,	$4\overset{0}{Zn} + 10H\overset{+5}{N}O_3 = 4\overset{+2}{Zn}(NO_3)_2 + 3H_2O + \overset{-3}{N}H_4\overset{+5}{N}O_3$
	উষ্ণ অতি লঘু ,,	$4\overset{0}{Zn} + 10H\overset{+5}{N}O_3 = 4\overset{+2}{Zn}(NO_3)_2 + 5H_2O + \overset{+1}{N}_2O$
Fe	উষ্ণ ঘন ,,	$\overset{0}{Fe} + 6H\overset{+5}{N}O_3 = \overset{+3}{Fe}(NO_3)_3 + 3H_2O + 3\overset{+4}{N}O_2$
	শীতল ঘন ,,	আয়রন নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়। কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না।
	শীতল মধ্যম গাঢ় ,,	$\overset{0}{Fe} + 4H\overset{+5}{N}O_3 = \overset{+3}{Fe}(NO_3)_3 + 2H_2O + \overset{+2}{N}O$
	শীতল অতি লঘু ,,	$4\overset{0}{Fe} + 10H\overset{+5}{N}O_3 = 4\overset{+2}{Fe}(NO_3)_2 + 3H_2O + \overset{-3}{N}H_4\overset{+5}{N}O_3$
Ag	উষ্ণ লঘু ,,	$\overset{0}{Ag} + 2H\overset{+5}{N}O_3 = \overset{+1}{Ag}NO_3 + H_2O + \overset{+4}{N}O$
Hg	উষ্ণ ঘন ,,	$\overset{0}{Hg} + 4H\overset{+5}{N}O_3 = \overset{+2}{Hg}(NO_3)_2 + 2H_2O + 2\overset{+4}{N}O_2$
	শীতল লঘু ,,	$6\overset{0}{Hg} + 8H\overset{+5}{N}O_3 = 3\overset{+1}{Hg}_2(NO_3)_2 + 2\overset{+2}{N}O + 4H_2O$
Sn	ঘন ,,	$\overset{0}{Sn} + 4H\overset{+5}{N}O_3 = \overset{+4}{Sn}O_2 + 4\overset{+4}{N}O_2 + 2H_2O$
	শীতল লঘু ,,	$4\overset{0}{Sn} + 10H\overset{+5}{N}O_3 = 4\overset{+2}{Sn}(NO_3)_2 + 3H_2O + \overset{-3}{N}H_4\overset{+5}{N}O_3$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়াগুলিতে প্রায় সব ক্ষেত্রে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নিম্নতর জারণসংখ্যাবিশিষ্ট নাইট্রোজেনের অক্সাইডে বা অ্যামোনিয়ায় পরিণত হইয়াছে এবং ধাতু জারিত হইয়া নাইট্রেট লবণ হিসাবে আবির্ভূত হইয়াছে। তাই জারণসংখ্যার হিসাব অনুযায়ী ধাতুজারণের জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক নাইট্রিক অ্যাসিড অণু ছাড়াও জারিত ধাতুকে নাইট্রেট লবণে পরিণত করার জন্য অতিরিক্ত

সংখ্যক নাইট্রিক অ্যাসিড অণু রাসায়নিক বিক্রিয়ার অংশগ্রহণ করিয়াছে। যেমন, মধ্যমগাঢ় শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত কপারের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে কপার ও নাইট্রোজেনের জারণসংখ্যায় পরিবর্তন যথাক্রমে 2 এবং 3 একক ; সুতরাং 3 পরমাণু বা অণু কপারকে জারিত করার জন্য 2 পরমাণু +5 জারণসংখ্যা-বিশিষ্ট নাইট্রোজেন পরমাণু অর্থাৎ 2 অণু নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন। কিন্তু 3 পরমাণু কপার জারিত হইয়া যে 3 অণু $Cu(NO_3)_2$ উৎপন্ন করিবে, তাহাদের 6টি নাইট্রেট মূলক সরবরাহের জন্য বিক্রিয়াকে হিসাবে আরও 6টি নাইট্রিক অ্যাসিড অণু অর্থাৎ সর্বমোট 8টি নাইট্রিক অ্যাসিড অণুর প্রয়োজন হইয়াছে।

অ্যাসিড ধর্ম : ইহা একটি তীব্র একক্ষারিক অ্যাসিড, জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত হয়। $HNO_3 = H^+ + NO_3^-$। ইহার তীব্র জারক ধর্মের জন্য ম্যাঙ্গানিজ ও ম্যাগনেসিয়াম ব্যতীত অন্য কোনও ধাতু ইহা হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে না। কিন্তু সকল প্রকার ক্ষারক ও ক্ষার ইহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$
$$ZnO + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O$$
$$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$$

অন্যান্য অ্যাসিডের মত ইহাও কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিতাড়িত করিয়া সংশ্লিষ্ট ধাতুর নাইট্রেট উৎপন্ন করে।

$$HNO_3 + NaHCO_3 = NaNO_3 + CO_2 + H_2O$$
$$CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

একক্ষারিক অ্যাসিড বলিয়া ইহা উপরি-উক্ত বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে শুধুমাত্র শমিত শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে। কিন্তু কতগুলি ক্ষেত্রে লবণ ও অ্যাসিডের যুত-যৌগ হিসাবে অ্যাসিড নাইট্রেট লবণও উৎপন্ন হইতে পারে। যেমন, NH_4NO_3, HNO_3 এবং NH_4NO_3, $2HNO_3$।

ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া-সম্পর্কিত বিভিন্ন মতবাদ : ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া-সম্পর্কে যে-সকল মতবাদ প্রচলিত আছে তাহাদের মধ্যে প্রধান মতবাদগুলি হইল : (i) জায়মান হাইড্রোজেন মতবাদ, (ii) জারণ মতবাদ, (iii) নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপত্তি মতবাদ।

(i) **জায়মান হাইড্রোজেন মতবাদ :** এই মতবাদ অনুযায়ী ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াকালে সর্বক্ষেত্রে প্রাথমিক বিক্রিয়াজাত পদার্থ জায়মান হাইড্রোজেন। এই জায়মান হাইড্রোজেন দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়ায় বিভিন্নভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া নাইট্রাস অ্যাসিড, হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড, হাইড্রক্সিল অ্যামিন ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে :

$$HNO_3 + 2[H] = HNO_2 + H_2O \; ; \; 2HNO_3 + 8[H] = H_2N_2O_2 + 4H_2O \; ;$$
$$HNO_3 + 6[H] = NH_2OH + 2H_2O \; ; \; HNO_3 + 8[H] = NH_3 + 3H_2O$$

অতঃপর এই দ্বিতীয় পর্যায়ে উৎপন্ন যৌগগুলি বিয়োজিত হইয়া অথবা পরস্পরের সহিত বিপরিবর্ত বিক্রিয়া ঘটাইয়া তৃতীয় পর্যায়ে বিভিন্ন নাইট্রোজেনের অক্সাইড ইত্যাদিতে পরিণত হয়।

$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$; $2HNO_2 = N_2O_3 + H_2O$;

$H_2N_2O_2 = N_2O + H_2O$; $HNO_2 + NH_3 = N_2 + 2H_2O$;

$HNO_2 + NH_2OH = N_2O + 2H_2O$; $HNO_2 + HNO_3 = 2NO_2 + H_2O$

(ii) **জারণ মতবাদ** : জায়মান হাইড্রোজেন মতবাদের প্রধান ত্রুটি এই যে, কপার সিলভার প্রভৃতি যেসব ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত, তাহারাও নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, ইহা অচিন্তনীয়। তাই জারণ মতবাদ অনুগামীরা মনে করেন যে, নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুর সহিত, বিশেষত তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত ধাতুর সহিত, বিক্রিয়াকালে প্রথমে ধাতুকে জারিত করিয়া অক্সাইডে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া উষ্ণতা, ব্যবহৃত নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব ইত্যাদির উপর নির্ভর করিয়া, নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। অতঃপর প্রথম পর্যায়ের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ধাতব অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের একাংশকে প্রশমিত করিয়া নাইট্রেট লবণ ও জলে পরিণত হয়।

অনেকের মতে সিলভার, কপার, বিসমাথ, মার্কারি ইত্যাদি তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেন অপেক্ষা নিম্নতর স্থানাধিকারীরা কোন অবস্থাতেই নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া অ্যামোনিয়া অথবা হাইড্রক্সিল অ্যামিন উৎপন্ন করিতে পারে না এবং তাই এগুলির ক্ষেত্রে জায়মান হাইড্রোজেন মতবাদ অচল। এগুলির ক্ষেত্রে একমাত্র যুক্তিগ্রাহ্য মতবাদ জারণ মতবাদ। কিন্তু আয়রন, জিঙ্ক, টিন, ক্যাডমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ বা ম্যাগনেসিয়ামের মত যেসব ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি উৎপন্ন করিতে পারে তাহাদের ক্ষেত্রে জায়মান হাইড্রোজেন মতবাদ অবশ্যস্বীকার্য।

নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপত্তি মতবাদ : এই মতবাদ অনুগামীরা বলেন যে, নাইট্রাস অ্যাসিডের সম্পূর্ণ অনুপস্থিতিতে তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত ধাতুরা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিতে চাহে না এবং অন্যান্য ধাতুও খুব ধীরগতিতে বিক্রিয়া করে। তাই ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াকালে নাইট্রাস অ্যাসিডের এক অসামান্য ভূমিকা আছে। নাইট্রিক অ্যাসিডের বিয়োজনের ফলে অথবা ধাতুতে উপস্থিত অশুদ্ধি স্থানীয়ভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটায় বলিয়া প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে সামান্য নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রাস অ্যাসিড ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব নাইট্রাইট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। ধাতব নাইট্রাইট অতঃপর নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব নাইট্রেটে পরিণত হয় এবং নাইট্রাস অ্যাসিডকে পুনরায় মুক্ত করে। নাইট্রিক অক্সাইডও নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অতিরিক্ত পরিমাণ নাইট্রাস অ্যাসিড

উৎপন্ন করে। এইরূপে নাইট্রাস অ্যাসিডের পরিমাণ বাড়িতে থাকে এবং একটি নির্দিষ্ট মাত্রা অতিক্রান্ত হইলে ইহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইডে পরিণত হয়।

মধ্যমগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে জায়মান হাইড্রোজেন মতবাদ অনুযায়ী বিক্রিয়া :

$$3Zn + 6HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 6[H]$$
$$6[H] + 3HNO_3 = 3HNO_2 + 3H_2O$$
$$3HNO_2 = H_2O + HNO_3 + 2NO$$
$$\overline{3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O}$$

মধ্যমগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে জারণ মতবাদ অনুযায়ী বিক্রিয়া :

$$3Cu + 2HNO_3 = 3CuO + 2NO + H_2O$$
$$3CuO + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 3H_2O$$
$$\overline{3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O}$$

মধ্যমগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপত্তি মতবাদ অনুযায়ী বিক্রিয়া

$$3Cu + 12HNO_2 = 3Cu(NO_2)_2 + 6H_2O + 6NO$$
$$3Cu(NO_2)_2 + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 6HNO_2$$
$$2HNO_3 + 2H_2O + 4NO \rightleftharpoons 6HNO_2$$
$$\overline{3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O}$$

পরীক্ষা দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ

(ক) অ্যাসিড ধর্ম : একটি পরীক্ষানলে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া উহার মধ্যে একটি নীল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে নীল লিটমাস লাল হইয়া যাইবে। পরীক্ষানলটির মধ্যে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট চূর্ণ ফেলিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া দ্রবণটিকে সফেন করিয়া তুলিবে।

$$NaHCO_3 + HNO_3 = NaNO_3 + CO_2 + H_2O$$

(খ) জারণ ধর্ম : একটি পরীক্ষানলে মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে মারকিউরাস ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইবে। এইবার অধঃক্ষেপকে কিছুক্ষণ থিতাইবার সুযোগ দিবার পর উপরের পরিষ্কার দ্রবণ যতদূর সম্ভব ঢালিয়া ফেলিতে হইবে। অতঃপর অধঃক্ষেপের উপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে, অধঃক্ষেপ মারকিউরিক ক্লোরাইডে জারিত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া গিয়াছে। সুতরাং নাইট্রিক অ্যাসিডের অবশ্যই জারণ ধর্ম আছে।

$$Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = Hg_2Cl_2 \downarrow + 2HNO_3$$
$$3Hg_2Cl_2 + 8HNO_3 = 3HgCl_2 + 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

(গ) বিয়োজন : বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল সংযুক্ত একটি ফ্লাস্কে ঝামা পাথর লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে এবং বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে

উহার মধ্যে বিন্দু বিন্দু ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হইবে এবং নির্গম-নল দিয়া বাহির হইবার সময়ে পর্যায়ক্রমে শীতল জল ও হিম-মিশ্রণে শীতলীকৃত দুইটি U-নলের মধ্য দিয়া চালিত হইলে প্রথম U-নলে জল ও দ্বিতীয় U-নলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ঘনীভূত হইয়া তরলে পরিণত হইবে। এইবার জলীয় বাষ্প ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড মুক্ত নির্গত গ্যাসকে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, উহা অক্সিজেন। কেননা উহার মধ্যে শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠিবে এবং উহার সংস্পর্শে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস গাঢ় বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইবে।

প্রথম U-নলে সঞ্চিত তরল অনার্দ্র কপার সালফেটের বর্ণ নীল করিবে। সুতরাং উহা জল এবং দ্বিতীয় U-নলে সঞ্চিত তরল উত্তপ্ত হইলেই বাদামী রঙের গ্যাস উৎপন্ন করিবে যাহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে। সুতরাং উহা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড। এইরূপে প্রমাণিত হইবে যে, নাইট্রিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া জল, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$

নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অস্তিত্বের প্রমাণ

অক্সিজেনের অস্তিত্ব : পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে, যে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর বিন্দু বিন্দু নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিয়া নির্গত গ্যাস মিশ্রণকে হিম-মিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে যে-গ্যাস পাওয়া যায় তাহা অক্সিজেন, কেননা উহা শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকাকে দপ্ করিয়া জ্বালাইবে এবং বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসকে গাঢ় বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করিবে।

হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব : বিশুদ্ধ জলে কয়েক খণ্ড ম্যাগনেসিয়াম যোগ করিলে শীতল অবস্থায় কোনও বিক্রিয়া পরিলক্ষিত হয় না, কিন্তু উহার মধ্যে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলেই হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। এই গ্যাসকে সংগ্রহ করিয়া গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইয়া সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, গ্যাসটি হাইড্রোজেন, কেননা প্রবিষ্ট শলাকাটি সঙ্গে সঙ্গে নিভিয়া যায় এবং গ্যাসটি নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। দহনের পরে গ্যাসজারের মধ্যে জলবিন্দু জমিতেও দেখা যায়।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব : একটি দুইমুখ খোলা দৃঢ় কাচনলের মধ্যে রক্ষিত তীব্রভাবে উত্তপ্ত কপার কুচির উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প চালনা করিয়া নির্গত গ্যাসকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করিলে দেখা যায় যে, সংগৃহীত গ্যাসটি নাইট্রোজেন। কেননা উহার সক্রিয়তা খুবই কম, উহা দাহ্য নহে এবং দহনের সহায়কও নহে। অবশ্য জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার এই গ্যাসের

সহিত বিক্রিয়া করিয়া এক প্রকার সাদা চূর্ণ উৎপন্ন করে এবং সেই চূর্ণে জল যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে অ্যামোনিয়ার গন্ধ বাহির হয়। সুতরাং প্রমাণিত হয় যে, গ্যাসটি নাইট্রোজেন। $5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$

$$3Mg+N_2=Mg_3N_2\ ;\ Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$$

নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের সনাক্তকরণ

(i) নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারকুচি মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে গাঢ় বাদামী গ্যাস নির্গত হয়, যাহা স্টার্চ আয়োডাইড সিক্ত কাগজকে নীল করে।

(ii) নাইট্রেট দ্রবণ বা কস্টিক সোডা দ্বারা প্রশমিত নাইট্রিক অ্যাসিডে গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ ও জিঙ্ক ধাতুচূর্ণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়ার ঝাঁঝালো গন্ধ নির্গত হয় এবং নির্গত গ্যাস নেসলার দ্রবণে সিক্ত ফিলটার কাগজকে হলুদ বাদামী রঙে রঞ্জিত করে।

(iii) **বলয় পরীক্ষা** : একটি পরীক্ষানলে নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণের দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে সম-আয়তন ফেরাস সালফেট দ্রবণ মিশানো হয়। অতঃপর ঐ পরীক্ষানলের মধ্যে অন্য একটি পরীক্ষানল হইতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এমন ধীরে ধীরে ঢালা হয় যাহাতে উভয় তরল মিশ্রিত হইতে না পারে। দুই তরলের মধ্যে একটি বাদামী বলয় উৎপন্ন হইলে প্রমাণ হয় যে, মূল দ্রবণে নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট ছিল।

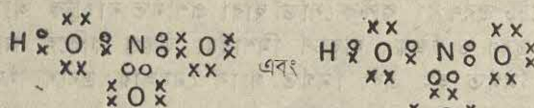
(iv) উপরি-উক্ত তিনটি পরীক্ষাতেই নাইট্রাইট লবণ ও সাড়া দেয়, তাই নাইট্রেট লবণ বা নাইট্রিক অ্যাসিডের নিশ্চিত পরীক্ষা করা প্রয়োজন। এইরূপ একটি পরীক্ষা ব্রুসিন পরীক্ষা। এই পরীক্ষার জন্য একটি পোর্সেলিন পাত্রে অল্প ব্রুসিন রাখিয়া উহার মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও কয়েক ফোঁটা নাইট্রেট লবণ বা নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করা হয়। মিশ্রণে উজ্জ্বল লাল রঙ উৎপন্ন হইলে প্রমাণ হয় যে, পরীক্ষাধীন পদার্থটি নাইট্রেট লবণ বা নাইট্রিক অ্যাসিড।

নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণের পার্থক্য

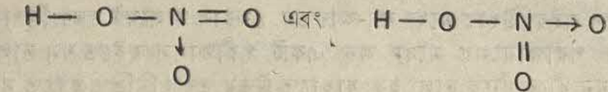
পরীক্ষা	নাইট্রেট লবণ	নাইট্রাইট লবণ
1. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	বাদামী গ্যাস উৎপন্ন হয় না।	বাদামী গ্যাস উৎপন্ন হয়।
2. অ্যাসেটিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণ	দ্রবণ নীলবর্ণ হয় না।	দ্রবণ ঘন নীলবর্ণ ধারণ করে।
3. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ।	দ্রবণ বর্ণহীন হয় না।	দ্রবণ বর্ণহীন হয়।
4. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ব্রুসিন।	উজ্জ্বল লালবর্ণ উৎপন্ন হয়।	লালবর্ণ উৎপন্ন হয় না।
5. বলয় পরীক্ষা।	H_2SO_4 ও দ্রবণের সংযোগস্থলে সরু বাদামী বলয় উৎপন্ন হয়।	বাদামী বলয় সমস্ত দ্রবণে মিশিয়া যায়।
6. NH_4Cl মিশাইয়া স্ফুটন।	N_2 নির্গত হয় না।	N_2 বুদ্‌বুদ নির্গত হয়।

ব্যবহার : (i) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে, (ii) সার প্রস্তুতিতে, (iii) বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে, (iv) কৃত্রিম তন্তু, রঞ্জক দ্রব্য ইত্যাদি উৎপাদনে, (v) জল নিরোধক আঠা, কয়েক প্রকার প্লাস্টিক ও ল্যাকার প্রস্তুতির ভিত্তি সেলুলোজ নাইট্রেট উৎপাদনে, (vi) লঘু, ঘন এবং অম্লরাজ রূপে বিভিন্ন ধাতুসংকর ও ধাতু দ্রবীভূত ও পরিষ্কার করিতে এবং রাসায়নিক শিল্পের অনেক গুরুত্বপূর্ণ কাঁচামাল উৎপাদন করিতে প্রচুর পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

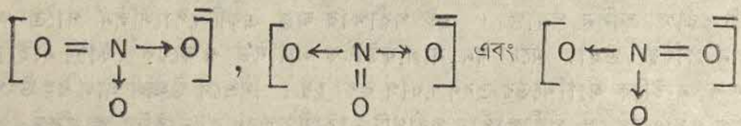
নাইট্রিক অ্যাসিডের আণবিক গঠন : নাইট্রিক অ্যাসিড নিম্নরূপ দুইটি গঠনের এক অনুনাদী সংকর



অর্থাৎ



নাইট্রেট আয়নে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু একটি সমবাহু ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দু তিনটিতে কেন্দ্রীয় নাইট্রোজেন হইতে সমদূরত্বে (1.21Å) অবস্থিত এবং তিনটি নিম্নরূপ গঠনের অনুনাদী সংকর :



সার-সংক্ষেপ

বায়ু সামান্য পরিমাণ নিষ্ক্রিয় গ্যাস (প্রধানত আর্গন), কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পসহ প্রায় 80% N_2 ও 20% O_2-এর মিশ্রণ। বায়ু মিশ্র পদার্থ যৌগিক পদার্থ নহে, কারণ (i) দিনে রাতে, বিভিন্ন ঋতুতে অথবা উচ্চ পর্বতশৃঙ্গে ও সমুদ্রতটে, বায়ুর উপাদানে কিছু বৈষম্য দেখা যায়। (ii) বায়ুতে উপস্থিত N_2 ও O_2-এর সঠিক অনুপাত সরল ভগ্নাংশ নয়, 79 : 21। (iii) বায়ুতে উপস্থিত N_2 ও O_2-এর অনুপাত 4 : 1 ধরিয়া লইলেও, বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্ব দাঁড়াইত যথাক্রমে 72 ও 36। কিন্তু বায়ুর পরীক্ষালব্ধ বাষ্পীয় ঘনত্ব 14·41। (iv) বায়ুর উপাদানগুলিকে সঠিক অনুপাতে মিশাইলে বায়ুর সমধর্মী পদার্থ পাওয়া যায় কিন্তু মিশ্রণের সময় তাপের তারতম্য হয় না। (v) বায়ুর মধ্যে উহার উপাদানগুলির ধর্ম অক্ষুণ্ণ থাকে। (vi) জলে দ্রবীভূত বায়ুতে N_2 এবং O_2-এর অনুপাত 4 : 1 নহে 2 : 1। (vii) বায়ুর উপাদানগুলিকে আংশিক পাতন; ব্যাপন ইত্যাদি ভৌত উপায়ে পৃথক করা যায়।

নাইট্রোজেন

প্রস্তুতি ঃ বায়ু হইতে O_2 অপসারণ করিলে সামান্য অশুদ্ধিযুক্ত N_2 পাওয়া যায়। পরীক্ষাগারে সাধারণত NH_4Cl ও $NaNO_2$ দ্রবণের মিশ্রণ উষ্ণ করিয়া অথবা NH_4OH দ্রবণের মধ্যে Cl_2 চালনা করিয়া N_2 প্রস্তুত করা হয়।

$$NH_4Cl + NaNO_2 = NaCl + N_2 + 2H_2O$$
$$8NH_4OH + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl + 8H_2O$$

উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া NH_3 চালনা করিলে অথবা উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া HNO_3 বাষ্প চালনা করিলেও N_2 পাওয়া যায়।

$$2NH_3 + 3CuO = N_2 + 3H_2O$$
$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

নাইট্রোজেনের রাসায়নিক ধর্ম ঃ ইহা দাহ বা দহনের সহায়ক নয়, কিন্তু বিশেষ অবস্থায় ইহা ধীরগতিতে বিভিন্ন ধাতু, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সিলিকন, বোরন অথবা CaC_2-এর সহিত যুক্ত হয়।

$2B + N_2 \overset{\Delta}{=} 2BN$; $2Al + N_2 \overset{\Delta}{=} 2AlN$; $3Si + 2N_2 \overset{\Delta}{=} Si_3N_4$; $6Li + N_2 = 2Li_3N$; $3M + N_2 \overset{\Delta}{=} M_3N_2$ (যেখানে M = Mg, Ca, Sr বা Ba) ;

$N_2 + O_2 \overset{3000°C}{\rightleftharpoons} 2NO$;

$N_2 + 3H_2 \underset{200 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}}{\overset{Fe, Mo\ 550°C}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$; $CaC_2 + N_2 \overset{1100°C}{\rightleftharpoons} CaCN_2 + C$

অ্যামোনিয়া

প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগারে NH_4Cl-এর সহিত $Ca(OH)_2$ বা CaO চূর্ণ উত্তপ্ত করিয়া এবং হেবার শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে Fe অনুঘটক এবং Mo বা $K_2O + Al_2O_3$ উদ্দীপকের উপস্থিতিতে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 500 – 550°C তাপমাত্রায় N_2 ও H_2 মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।

$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$

$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$; $N_2 + 3H_2 \underset{200 \text{ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}}{\overset{Fe, Mo\ 550°C}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$

বিভিন্ন নাইট্রোজেন অক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পকে H_2 মিশ্রিত অবস্থায় উত্তপ্ত Pt-এর উপর দিয়া চালিত করিলে অথবা জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা HNO_3, নাইট্রেট বা নাইট্রাইট লবণ বিজারিত করিলেও NH_3 পাওয়া যায়।

$2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$; $2HNO_3 + 8H_2 \overset{Pt}{=} 2NH_3 + 6H_2O$;
$4Zn + KNO_3 + 7KOH = 4K_2ZnO_2 + NH_3 + 2H_2O$;
$2Al + NaNO_2 + NaOH + H_2O = 2NaAlO_2 + NH_3$

রাসায়নিক ধর্ম : ক্ষারীয় ধর্ম : ইহা সত্যকার ক্ষার না হইলেও জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্ষার উৎপন্ন করে, লাল লিটমাসকে নীল করে এবং অ্যাসিডকে লবণে পরিণত করে।

$$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4OH\ ;\ NH_3+HCl=NH_4Cl\ ;$$
$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$$

দাহ্য ও বিজারণ ধর্ম : ইহা দহনের সহায়ক নয় এবং বায়ুতে দাহ্য নয়। কিন্তু অক্সিজেন পরিমণ্ডলে সবুজাভ হলুদবর্ণ শিখায় জ্বলিতে থাকে।

$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2$$

800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত Pt অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে NH_3 বায়ু বা অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$4NH_3+5O_2 \overset{Pt,\ 800°C}{=} 4NO+6H_2O$$

NH_3 অল্প পরিমাণ ক্লোরিনের উপস্থিতিতে জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে, কিন্তু অতিরিক্ত Cl_2-এর উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$8NH_3+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl\ ;\ NH_3+3Cl_2=3HCl+NCl_3$$

উত্তপ্ত CuO বা PbO অ্যামোনিয়া দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতুকে মুক্ত করে।

$$3CuO+2NH_3 \overset{\Delta}{=} N_2+3H_2O+3Cu\ ;\ 3PbO+2NH_3=N_2+3H_2O+3Pb$$

উত্তপ্ত ধাতুর সহিত বিক্রিয়া : উত্তপ্ত Na, K বা Ba অ্যামোনিয়া হইতে H_2 প্রতিস্থাপন করে।

$2Na+2NH_3=H_2+2NaNH_2$(সোডামাইড) ; $Ba+2NH_3=H_2+Ba(NH_2)_2$

জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া : NH_3-এর জলীয় দ্রবণ বা NH_4OH Fe, Al, Cr ইত্যাদির লবণ হইতে ধাতব হাইড্রক্সাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করে। অবশ্য $Al(OH)_3$ উভধর্মী বলিয়া অতিরিক্ত NH_4OH-তে দ্রবীভূত হয়।

$$FeCl_3+3NH_4OH=Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$$
$$Al_2(SO_4)_3+6NH_4OH=3(NH_4)_2SO_4+2Al(OH)_3\downarrow$$ ।
$$Al(OH)_3+NH_4OH=NH_4AlO_2+2H_2O$$

জটিল যৌগ গঠন : $CuSO_4$ বা $ZnSO_4$ লবণ দ্রবণে NH_4OH যোগ করিলে প্রথমে $Cu(OH)_2$ (ফিকে নীল) বা $Zn(OH)_2$ (সাদা)-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, যাহা অতিরিক্ত NH_4OH-এর সহিত জটিল যৌগ গঠন করিয়া দ্রবীভূত হয়।

$$CuSO_4+2NH_4OH=Cu(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4\ ;$$
$$ZnSO_4+2NH_4OH=(NH_4)_2SO_4+Zn(OH)_2\downarrow$$

অন্তিম বিক্রিয়া $CuSO_4+4NH_4OH=[Cu(NH_3)_4]SO_4$(গাঢ় নীল)$+4H_2O$

$ZnSO_4+4NH_4OH=[Zn(NH_3)_4]SO_4$ (বর্ণহীন) $+4H_2O$

নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ : নাইট্রোজেনের অনেকগুলি অক্সাইড— N_2O, NO, NO_2 বা N_2O_4, N_2O_3 এবং N_2O_5 ।

পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : $NH_4NO_3 \overset{\Delta}{=} 2H_2O + N_2O$ (নাইট্রাস অক্সাইড)

$3Cu + 8HNO_3\ (1:1) \overset{\Delta}{=} 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$ (নাইট্রিক অক্সাইড)

$2Pb(NO_3)_2 \overset{\Delta}{=} 2PbO + O_2 + 4NO_2$ (নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ; N_2O_4 ইহার সহিত সাম্যাবস্থায় থাকে। $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$)

$As_2O_3 + 2HNO_3 + 2H_2O = 2H_3AsO_4 + N_2O_3$ (নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড)

$2HNO_3 + P_2O_5 = 2HPO_3 + N_2O_5$ (নাইট্রোজেন পেণ্ট-অক্সাইড)

নাইট্রিক অ্যাসিড

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে আণবিক গুরুত্বের অনুপাতে মিশ্রিত KNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4-কে প্রায় 200°C-এ উত্তপ্ত করিয়া HNO_3 প্রস্তুত করা হয়।

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

রাসায়নিক ধর্ম : ইহা তীব্র জারক। Mg ও Mn ব্যতীত অন্যান্য সাধারণ ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন হয় না।

$Mg + 2HNO_3$(লঘু) $= Mg(NO_3)_2 + H_2$

সাধারণত ধাতুর সহিত বিক্রিয়াকালে গাঢ় অ্যাসিড NO_2, মধ্যম গাঢ় অ্যাসিড NO ও অতি লঘু অ্যাসিড N_2O বা NH_4NO_3 উৎপন্ন করে। যেমন,

$Zn + 4HNO_3$ (গাঢ়) $= Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

$3Zn + 8HNO_3$ (মধ্যম গাঢ়) $= 3Zn(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

$4Zn + 10HNO_3$ (উষ্ণ, অতিলঘু) $= 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$

$4Zn + 10HNO_3$ (শীতল, অতিলঘু) $= 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$

অধাতু ও যৌগকে জারিত করিবার সময়ে HNO_3 বিজারিত হইয়া বিভিন্ন নাইট্রোজেন অক্সাইডে পরিণত হয়। $S + 2HNO_3$(গাঢ়, উষ্ণ) $= 2NO + H_2SO_4$

$P_4 + 10HNO_3$(গাঢ়, উষ্ণ) $+ H_2O = 5NO + 5NO_2 + 4H_3PO_4$

$3I_2 + 10HNO_3$(গাঢ়, উষ্ণ) $= 10NO + 2H_2O + 6HIO_3$

$C + 4HNO_3$ (গাঢ়, উষ্ণ) $= 4NO_2 + 2H_2O + CO_2$

$3H_2S + 2HNO_3$ (শীতল, গাঢ়) $= 3S + 2NO + 4H_2O$

$6KI + 8HNO_3$ (শীতল, গাঢ়) $= 3I_2 + 2NO + 6KNO_3 + 4H_2O$

$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3$ (গাঢ়) $= 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$

$SO_2 + 2HNO_3$ (গাঢ়) $= H_2SO_4 + 2NO_2$

3 : 1 আণবিক অনুপাতে HCl ও HNO_3-এর মিশ্রণকে অম্লরাজ বলে। $HNO_3 + 3HCl = 2[Cl] + NOCl + 2H_2O$। অম্লরাজে উৎপন্ন জায়মান ক্লোরিন Au, Pt ইত্যাদি বরধাতুকে জারিত করে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. প্রমাণ কর যে, বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ। বায়ুর উপাদানগুলির নাম লিখ। আয়তন হিসাবে উহাদের শতকরা পরিমাণ কত?

2. বায়ুর আয়তনগত সংযুতি এবং ওজনগত সংযুতি নির্ণয়ের পরীক্ষাগুলি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

3. বায়ুতে এবং জলে অক্সিজেন উপস্থিত। দেখাও যে, বায়ুতে অক্সিজেন মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। অপরপক্ষে, জলে অক্সিজেন রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত।

4. পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিয়া দেখাও যে, বায়ুতে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের আয়তনগত অনুপাত প্রায় 1 : 4। বায়ুতে বিভিন্ন উপাদানের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করা যায়?

5. বায়ুতে উপস্থিত উপাদানগুলির প্রাণিজগতের পক্ষে প্রয়োজনীয়তা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। প্রমাণ কর যে, বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেন কেবলমাত্র দহন কার্যে অংশ গ্রহণ করে।

6. রসায়নাগারে কি ভাবে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়? কি ভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিবে? নাইট্রোজেনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নাইট্রোজেনের ব্যবহার কি?

7. বায়ু হইতে কি ভাবে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিবে? এই পদ্ধতিতে সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ সাহায্যে বিবৃত কর।

8. নাইট্রোজেনের যৌগ হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি কিভাবে করা হয়? যে-কোন একটি যৌগ হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি বিস্তারিত ভাবে লিখ।

9. কি কি শর্তে নাইট্রোজেন (a) হাইড্রোজেন, (b) অক্সিজেন, (c) ক্যালসিয়াম, (d) ম্যাগনেসিয়াম, (e) ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রভৃতির সঙ্গে বিক্রিয়া করে? প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও। বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির সহিত জলের বিক্রিয়া সমীকরণ এবং শর্তসহ লিখ।

10. অ্যামোনিয়াম লবণ হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। নাইট্রোজেন যৌগ হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন বাতাস হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন অপেক্ষা হাল্কা কেন?

11. নাইট্রোজেন চক্র বলিতে কি বুঝ? বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ কি ভাবে স্থির থাকে? নাইট্রোজেন বন্ধন বলিতে কি বুঝ?

12. বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অ্যামোনিয়া কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? পরীক্ষার দ্বারা দেখাও যে, অ্যামোনিয়া জলে দ্রবণীয়, ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় এবং অক্সিজেনে অ্যামোনিয়ায় দহন ঘটে।

13. কি কি শর্তে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত অ্যামোনিয়া বিক্রিয়া করে? (a) কিউপ্রিক অক্সাইড, (b) ক্লোরিন, (c) সোডিয়াম, (d) অক্সিজেন,

(e) কার্বন ডাই-অক্সাইড। অ্যামোনিয়ার ব্যবহার কি? কিরূপে অ্যামোনিয়াকে সনাক্ত করিবে?

14. কি ভাবে প্রমাণ করিবে যে, অ্যামোনিয়া একটি বিজারক পদার্থ এবং অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন বর্তমান। অ্যামোনিয়া হইতে কিরূপে ইউরিয়া ও অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়?

15. কি কি শর্তে অ্যামোনিয়া নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়া করে? (a) সোডিয়াম, (b) লেড মনোক্সাইড, (c) কপার সালফেট দ্রবণ (d) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ, (e) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ, (f) জলে প্রলম্বিত সিলভার ক্লোরাইড।

16. একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসকে উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর পরিচালিত করিবার পর একটি সাদা গুঁড়া উৎপন্ন হইল। উৎপন্ন পদার্থটিকে জলের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইলে একটি ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসটি উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডকে বিজারিত করে এবং মূল গ্যাসটি পুনরুৎপাদিত হয়। প্রাথমিক গ্যাসটি কি? বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও।

17. কি ঘটে বল—

(a) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট যোগ করার পর উহার সহিত অ্যামোনিয়া গ্যাস যুক্ত করা হইল, (b) সোডিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে লেড নাইট্রেট যোগ করার পর উত্তপ্ত করিয়া দ্রবণকে শীতল করা হইল, (c) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণে কস্টিক সোডা এবং জিঙ্ক চূর্ণ যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হইল।

18. নাইট্রোজেনের স্থায়ী অক্সাইডগুলির সঙ্কেতসহ নাম লিখ। উহাদের রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড কোন্ অ্যাসিডের নিরুদক?

19. রসায়নাগারে কিভাবে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। উহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নাইট্রাস অক্সাইডের সহিত অক্সিজেনের তুলনা কর।

20. পরীক্ষাগারে কিভাবে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? উহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নাইট্রিক অক্সাইডের কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর। এই অক্সাইডকে কিভাবে সনাক্ত করা হয়?

21. পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। উহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। উহার একটি ব্যবহার উল্লেখ কর। ইহাকে কিভাবে সনাক্ত করা হয়।

22. কিভাবে নাইট্রোজেন পেন্ট-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? ইহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ইহা কোন্ অ্যাসিডের নিরুদক?

23. রসায়নাগারে নাইট্রাস অ্যাসিডের প্রস্তুত পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার প্রধান ধর্মগুলি এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নাইট্রাস অ্যাসিড এবং নাইট্রাইট কিভাবে সনাক্ত করিবে?

24. নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে রসায়নাগারে যে-ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয় তাহা বিবৃত কর। ইহার ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

25. নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে উচ্চ তাপমাত্রা ব্যবহার করা হয় না কেন? উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপরে নাইট্রিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ।

26. কি শর্তে নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত নিম্নলিখিত পদার্থগুলি বিক্রিয়া করে? (a) কার্বন, (b) ফসফরাস, (c) সালফার, (d) পটাসিয়াম, (e) ম্যাগনেসিয়াম, (f) কপার, (g) জিঙ্ক, (h) লোহা. (i) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (j) সালফার ডাই-অক্সাইড, (k) ফেরাস ক্লোরাইড। প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও।

27. প্রমাণ কর যে, (a) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য, (b) নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন বর্তমান।

28. জারক হিসাবে ধাতু অধাতু, এবং যৌগের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া, আবার অ্যাসিড হিসাবে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ।

29. নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কি ভাবে পাইবে? (a) হাইড্রোজেন, (b) অ্যামোনিয়া, (c) অক্সিজেন, (d) নাইট্রোজেন, (e) নাইট্রাস অক্সাইড, (f) নাইট্রিক অক্সাইড।

30. নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রাস অক্সাইড এবং অক্সিজেন যথাক্রমে তিনটি গ্যাসজারে আছে। ইহাদিগকে কিভাবে সনাক্ত করিবে? নাইট্রিক অ্যাসিড এবং নাইট্রেট লবণের সনাক্তকরণ পরীক্ষা বিবৃত কর।

31. ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড কি? অম্লরাজ কাহাকে বলে। যে-সকল ধাতু সাধারণ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না সেই সকল ধাতু অম্লরাজে দ্রবীভূত হয়-সমীকরণসহ বুঝাইয়া দাও।

32. (a) নিম্নলিখিত যৌগ ও মিশ্র পদার্থগুলিকে পৃথকভাবে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে সমীকরণসহ বর্ণনা কর: (i) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, (ii) পটাসিয়াম নাইট্রেট, (iii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের মিশ্রণ, (iv) লেড নাইট্রেট।

(b) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসকে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সালফেট দ্রবণে চালিত করিলে কি ঘটে? [H. S. 1978]

33. (a) সমীকরণসহ কি ঘটে উল্লেখ কর:

(i) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণকে জিঙ্ক চূর্ণ ও কস্টিক সোডার সহিত উত্তপ্ত করা হইল। (ii) নাইট্রোজেনকে উত্তপ্ত ক্যালসিয়ামের উপর দিয়া চালনা করা হইল।

(b) অ্যামোনিয়া হইতে ইউরিয়া ও নাইট্রিক অ্যাসিড কিরূপে পাওয়া যায়? [H.S. 1979]

34. (a) বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন ও NH_4NO_2 হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের কি পার্থক্য হয় এবং কেন?

(b) গাঢ় HNO_3 ও P_4H_{10}-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে কি হয় সমীকরণসহ লিখ। [H. S. 1980]

35. (a) অ্যামোনিয়ার সহিত অক্সিজেন ও ক্লোরিনের কি বিক্রিয়া ঘটে সমীকরণসহ লিখ।

(b) লোহিত ফসফরাসকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে কি হয় ?

(c) প্রশম NO অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিয়া আম্লিক হয় কেন, তার সপক্ষে যুক্তি দাও। [H. S. 1981]

36. (a) অ্যামোনিয়া শুষ্ক করিবার পক্ষে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ও কলিচুন (quick lime) উপযোগী বা অনুপযোগী তাহা কারণসহ লিখ।

উপরি-উক্ত পদার্থ দুইটি ব্যতীত অন্য যে-কোন দুইটি উত্তম বিশোষকের নাম লিখ।

(b) অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অ্যামোনিয়া কিভাবে প্রস্তুত করিবে সমীকরণসহ লিখ। [H. S. 1982]

37. (a) নাইট্রিক অ্যাসিডে যে অক্সিজেন আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে ?

(b) (i) উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড ও (ii) উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া পৃথকভাবে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করিলে কি ঘটে ? সমীকরণসহ লিখ।

(c) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে কি বিক্রিয়া ঘটে ? সমীকরণ দাও।

(d) জিপসাম ও জলের মিশ্রণের (suspension) মধ্য দিয়া অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ। [H. S. 1983]

(e) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে পটাসিয়াম নাইট্রাইট যোগ করিলে কি ঘটে সমীরকণসহ লিখ। [H. S. 1983]

38. অম্লরাজ কাহাকে বলে ?

39. সঙ্কেতসহ নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির নাম লিখ। পরীক্ষাগারে কিভাবে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ? পরিচ্ছন্ন চিত্র দাও। [Tripura, '80]

40. কি ঘটে যখন—(i) লেড নাইট্রেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। (ii) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং তাম্রচূর্ণের সহিত পটাসিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করা হয় ? প্রতিক্ষেত্রে সমীকরণ লিখ। [Tripura, 1980]

41. নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সমীকরণসহ বর্ণনা কর : (i) লাল ফসফরাসের সঙ্গে তপ্ত ও ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া, (ii) লোহার সঙ্গে লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া। [Tripura, 1981]

42. অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ও লেড নাইট্রেটকে পৃথকভাবে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে সমীকরণসহ বিবৃত কর। হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন ? [Tripura, 1982]

43. পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে, বায়ুতে অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। বায়ুতে অবস্থিত দুইটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নাম লিখ। [Tripura, 1983]

44. নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেনের একটি যৌগ প্রমাণ কর। [Tripura, '83]

45. (a) নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ বর্ণনা কর :

(i) পটাসিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রিত দ্রবণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দেওয়া হইল।

(ii) কপার সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দেওয়া হইল।

(b) অ্যাকোয়া রিজিয়া কি ? [Tripura, 1984]

45. একটি সোডিয়াম লবণ (A)-কে উত্তপ্ত করিলে একটি পদার্থ (B) এবং অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। (B) লঘু অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে একটি বাদামী গ্যাস (C) নির্গত করে। (B)-কে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডসহ উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন গ্যাস (D) নির্গত হয় এবং একটি অবশেষ (E) পাওয়া যায়। (A) এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে অপর একটি বর্ণহীন গ্যাস (F) উৎপন্ন হয় এবং অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে কঠিন পদার্থ (E)। (A), (B), (C), (D), (E) এবং (F) যৌগগুলিকে সনাক্ত কর এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ লিখ। [H. S. 1985]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলিকে ব্যাখ্যা কর : [যেখানে প্রয়োজন উপযুক্ত সমীকরণ দাও।]

(a) বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ যৌগিক পদার্থ নহে। [Tripura, 1985]

(b) বায়ু হইতে নিষ্কাশিত নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন অপেক্ষা সামান্য ভারী। [H. S. 1985]

(c) অ্যামোনিয়া শুষ্ক করিতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড ব্যবহার না করিয়া পোড়াচুন (quick lime) ব্যবহার করা হয়।

(d) তরল অ্যামোনিয়া তরল ফসফিন অপেক্ষা কম উদ্বায়ী।

(e) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার না করিয়া ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

(f) তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে আয়রন বা জিঙ্কের অবস্থান হাইড্রোজেনের উপরে হওয়া সত্ত্বেও উহারা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে পারে না।

(g) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রস্তুতিকালে ফেরাস সালফাইডের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হয় না।

(h) প্রশম NO অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলে আম্লিক হয়। [H. S. 1971]

2. উপযুক্ত সমীকরণসহ কি ঘটে বল :

(a) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও জিঙ্কের গুঁড়া একত্রে ফুটানো হইল। [H. S. 1979, Tripura, 1982]

(b) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত আয়োডিন মিশ্রিত করিয়া ফুটানো হইল। [Tripura, 1982]

(c) ফেরাস সালফেট ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া উহাতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হইল। [Tripura, 1982, '84]

(d) কপার সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দেওয়া হইল। [Tripura, 1984]

(e) জিপসাম ও জলের মিশ্রণের মধ্য দিয়া অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হইল। [H. S. 1983]

(f) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে পটাসিয়াম নাইট্রাইট যোগ করা হইল। [H. S. 1983]

(g) নাইট্রোজেনকে উত্তপ্ত ক্যালসিয়ামের উপর দিয়া চালনা করা হইল। [H. S. 1983]

(h) সোডিয়াম নাইট্রেট এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল।

(i) কপার টুকরার সহিত নাতিগাঢ় (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিড মিশানো হইল।

(j) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করা হইল। [H. S. 1978]

(k) উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড চালিত করা হইল।

(l) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে নাইট্রিক অক্সাইড চালিত হইল।

(m) প্রজ্বলিত সালফারকে নাইট্রাস অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করানো হইল।

(n) নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

(o) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হইল। [H. S. 1978]

(p) শীতল ফেরাস সালফেট দ্রবণে নাইট্রিক অক্সাইড চালনা করা হইল। [H. S. 1978]

(q) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল।

(r) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সালফার ফুটানো হইল। [H. S. 1985]

(s) কাঠ কয়লার গুঁড়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। [H. S. 1985]

(t) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করা হইল। [H. S. 1985]

(u) সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণকে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও কস্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল। [H. S. 1985]

(v) লেড নাইট্রেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল। [Tripura, 1985]

বোরন ও উহার কয়েকটি যৌগ

[BORON AND SOME OF ITS COMPOUNDS]

[Syllabus : Boron (from B_2O_3 by Mg reduction) orthoboric acid, borax]

বোরন (B)

পারমাণবিক গুরুত্ব 10·8 ; পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 5 ; ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^1$

1807 খ্রীস্টাব্দে ডেভি আর্দ্র বোরিক অ্যাসিড তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া বাদামী চূর্ণরূপে প্রথম বোরন প্রস্তুত করেন। 1808 খ্রীস্টাব্দে তিনি, গে-লুসাক এবং থেনার্ড B_2O_3-কে পটাসিয়ামের সাহায্যে বিজারিত করিয়া মৌলটিকে পুনরায় প্রস্তুত করেন এবং উহার ধর্ম পর্যবেক্ষণ করেন।

আকরিক : (1) বোরাক্স $Na_2B_4O_7, 10H_2O$ (2) কের্নাইট $Na_2B_4O_7, 4H_2O$ (3) কোলম্যানাইট $Ca_2B_6O_{11}, 5H_2O$ (4) বোরোনেট্রোক্যাল্‌সাইট $CaB_4O_7, NaBO_2, 8H_2O$ (5) বোরাসাইট $2Mg_3B_8O_{15}, MgCl_2$।

প্রস্তুতি : বোরন ট্রাই-অক্সাইড বা পটাসিয়াম ফ্লুওবোরেটকে সোডিয়াম, পটাসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সহিত উত্তপ্ত করিয়া সাধারণত বোরন প্রস্তুত করা হয়।

$$B_2O_3 + 6K = 2B + 3K_2O \; ; \; KBF_4 + 3K = B + 4KF$$

$$B_2O_3 + 3Mg = 2B + 3MgO \; ; \quad 2KBF_4 + 3Mg = 2B + 3MgF_2 + 2KF$$

পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : (i) ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ ও বোরন ট্রাই-অক্সাইডের 1 : 3 ওজন অনুপাতে উত্তমরূপে মিশ্রিত প্রায় দুই গ্রাম মিশ্রণকে একটি ঢাকনা চাপা মূচির মধ্যে লইয়া উত্তপ্ত করিলে অল্প সময়ের মধ্যেই তীব্র বিক্রিয়া শুরু হয়। বিক্রিয়া শেষ হইয়া গেলে মূচিটিকে শীতল করিয়া একটি বীকারে 1 : 1 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে ডুবাইয়া আবার উত্তপ্ত করা হয়। অতঃপর মূচিটিকে তুলিয়া লইয়া উৎপন্ন বোরন চূর্ণকে ফিল্টার করিয়া পৃথক করা হয় এবং উষ্ণ জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করিয়া স্টীম ওভেনে শুষ্ক করা হয়।

এইরূপে প্রস্তুত অনিয়তাকার বাদামী চূর্ণাকৃতি বোরনের মধ্যে 86%-এর বেশি বোরন থাকে না, কিন্তু ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে পরিশুদ্ধ করার পর হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহের মধ্যে বোরন ট্রাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় উত্তাপ প্রয়োগে গলিত করিয়া অশুদ্ধিমুক্ত করা যায়।

$$B_2O_3 + 3Mg = 2B + 3MgO$$

(ii) গলিত বোরাক্সকে বা 1100° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত বোরন ট্রাই-অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড এবং ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের গলিত মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে 92% বিশুদ্ধ বোরন পাওয়া যায়।

(iii) হাইড্রোজেন ও বোরন ট্রাইক্লোরাইড বাষ্পের মিশ্রণের মধ্য দিয়া কপার তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে ইলেট্রিক আর্ক সৃষ্টি করিয়া বিশুদ্ধ বোরন প্রস্তুত করা যায়। উপরি-উক্ত মিশ্রণের মধ্যে টাংস্টেন অথবা মোলিবডেনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে ইলেকট্রিক আর্ক সৃষ্টি করিলে বোরনের নিয়তাকার ধাতব ঔজ্জল্য সম্পন্ন অতি কঠিন অন্য একটি রূপভেদ উৎপন্ন হয়। $2BCl_3 + 3H_2 = 2B + 6HCl$

বোরনের ধর্ম

ভৌতধর্ম : পরীক্ষাগারে প্রস্তুত এবং পূর্ববর্ণিত উপায়ে শুদ্ধকৃত বোরন বাদামী বর্ণ অনিয়তাকার চূর্ণ, আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·45। কিন্তু ইহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। 40% নাইট্রিক অ্যাসিড বোরনের সহিত বিক্রিয়া না করিলেও উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত বোরনের কিয়দংশ দ্রবীভূত করে। অপরদিকে নিয়তাকার বোরন ডায়মণ্ডসদৃশ কঠিন ও উজ্জল বলিয়া বলা হইলেও অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ইহাকে ধাতব বোরাইড অশুদ্ধিযুক্ত অবস্থায় কৃষ্ণবর্ণ উজ্জল কঠিন পদার্থরূপে পাওয়া যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·33 এবং গলনাঙ্ক 2300° সেন্টিগ্রেড।

রাসায়নিক ধর্ম : **(i)** ঘরের উষ্ণতায় বোরন বায়ুর সহিত বিক্রিয়া না করিলেও 700° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহার বহিস্তল শিখাহীনভাবে জলিয়া বোরন ট্রাই-অক্সাইড ও কিছু বোরন নাইট্রাইড উৎপন্ন করে। কিন্তু অক্সিজেন পরিমণ্ডলে উষ্ণ করিলে কিংবা গলিত পটাসিয়াম ক্লোরেটের উপর নিক্ষেপ করিলে উহা উজ্জল সবুজ শিখার সহিত জলিয়া বোরন ট্রাই-অক্সাইড গঠন করে।

$$4B + 3O_2 = 2B_2O_3$$

(ii) নাইট্রোজেন পরিমণ্ডলে 1200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা বোরন নাইট্রাইড গঠন করে এবং তপ্ত অবস্থায় সিলিকাকে বিজারিত করে।

$$2B + N_2 = 2BN \; ; \; 4B + 3SiO_2 = 3Si + 2B_2O_3$$

(iii) ফ্লোরিনের সংস্পর্শে ইহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া উঠিয়া বোরন ট্রাই-ফ্লোরাইড গঠন করে কিন্তু ক্লোরিন অথবা ব্রোমিন বাষ্পের মধ্যে ইহার দহন শুরু করার জন্য প্রাথমিকভাবে উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয়।

$$2B + 3F_2 = 2BF_3 \; ; \; 2B + 3Cl_2 = 2BCl_3$$

আয়োডিনের সহিত ইহা কোনও অবস্থাতেই সরাসরিভাবে যুক্ত হয় না।

(iv) তড়িৎ-চুল্লীতে অতি উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন বোরাইড গঠন করে $C + 4B = CB_4$। কার্বন বোরাইড কাঠিন্যে ডায়মণ্ডের সমতুল্য।

অতি উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা সালফারের সহিতও যুক্ত হইয়া বোরন সালফাইড গঠন করে। $2B + 3S = B_2S_3$

জলের সংস্পর্শে বোরন সালফাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া বোরিক অ্যাসিড ও হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করে। $B_2S_3 + 6H_2O = 2H_3BO_3 + 3H_2S$

(v) তড়িৎ-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে বোরন কপার, সিলভার, গোল্ড ব্যতীত অন্য সকল ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া বোরাইড গঠন করে। $3Mg + 2B = Mg_3B_2$

(vi) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড বোরনকে অর্থোবোরিক অ্যাসিডে এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বোরন ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করে।

$$B + 3HNO_3 = H_3BO_3 + 3NO_2$$

$$2B + 3H_2SO_4 = B_2O_3 + 3SO_2 + 3H_2O$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের মত জারক দ্রব্যও বোরনকে জারিত করিয়া অর্থোবোরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। $2B + 3H_2O_2 = 2H_3BO_3$ ।

(vii) গলিত ক্ষারে দ্রবীভূত হইয়া বোরন হাইড্রোজেন নির্গত করে এবং নিজে জারিত হইয়া বোরেটে পরিণত হয়।

$$2B + 6KOH = 2K_3BO_3 + 3H_2$$

বোরন ট্রাই-অক্সাইড, বোরিক অক্সাইড বা বোরিক অ্যানহাইড্রাইড (B_2O_3)

অনিয়তাকার বোরনকে অক্সিজেনে দহন করিলে বোরন ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $4B + 3O_2 = 2B_2O_3$

বোরিক অ্যাসিডকে লোহিততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে বোরন ট্রাই-অক্সাইডকে জলাকর্ষী কাচের আকারে পাওয়া যায়, কিন্তু উহাকে ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইডের উপস্থিতিতে নিরুদিত করিলে অনিয়তাকার বোরন ট্রাই-অক্সাইডের চূর্ণ উৎপন্ন হয়।

$$2H_3BO_3 = B_2O_3 + 3H_2O$$

অনিয়তাকার বোরন ট্রাই-অক্সাইডের গলনাঙ্ক 294°C এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·805 কিন্তু কাচসদৃশ রূপভেদটির আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·795 এবং উহার কোনও নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই। বোরন ট্রাই-অক্সাইডে জল যোগ করিলে উহা প্রথমে জলের সহিত দ্রুত বিক্রিয়া করিয়া মেটাবোরিক অ্যাসিডে (HBO_2) পরিণত হয় এবং উৎপন্ন মেটাবোরিক অ্যাসিড অতঃপর ধীরে ধীরে অতিরিক্ত জলের সহিত যুক্ত হইয়া অর্থোবোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$B_2O_3 + H_2O = 2HBO_2 \; ; \; HBO_2 + H_2O = H_3BO_3$$

উত্তপ্ত করিলে বোরন ট্রাই-অক্সাইড ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া ধাতব মেটাবোরেট উৎপন্ন করে। $CuO + B_2O_3 = Cu(BO_2)_2$

বোরন ট্রাই-অক্সাইড আম্লিক অক্সাইড হইলেও ইহার সামান্য ক্ষারকীয় অক্সাইডের ধর্ম আছে। ফসফোরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে বোরন ট্রাই-অক্সাইড বোরন ফসফেটে পরিণত হয়।

$$B_2O_3 + 2H_3PO_4 = 2BPO_4 + 3H_2O$$

বোরিক অ্যাসিড, অর্থোবোরিক অ্যাসিড বা বোরাসিক অ্যাসিড—H_3BO_3

ইতালীর টাসক্যানি প্রদেশে উষ্ণ প্রস্রবণের জলে মুক্ত অবস্থায় বোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি

(i) **বোরাক্স হইতে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** বোরাক্সের সম্পৃক্ত উষ্ণ দ্রবণের মধ্যে নিরবচ্ছিন্ন আলোড়নের সঙ্গে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে যোগ করা হয় যতক্ষণ না মিশ্রণটি লিটমাস কাগজকে ভালভাবে লাল রঙে পরিণত করিতে পারে। মিশ্রণটি সুস্পষ্টরূপে আম্লিক হইয়া উঠিলে, উহাকে শীতল করা হয় এবং বোরিক অ্যাসিড কেলাসিত হইয়া দ্রবণ হইতে বাহির হইয়া আসে। অতঃপর বোরিক অ্যাসিড কেলাসকে ফিল্টার করিয়া পৃথক করা হয় এবং শীতল জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করিয়া উষ্ণ জলে পুনর্কেলাসন দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়।

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O = 2NaCl + 4H_3BO_3$$

(ii) **কোলম্যানাইট (Colemanite) হইতে (বাণিজ্যিক পদ্ধতি) :** কোলম্যানাইট ($Ca_2B_6O_{11}, 5H_2O$) ক্যালসিয়াম বোরেটের একটি আকরিক। বিচূর্ণিত আকরিকটিকে ফুটন্ত জলে প্রলম্বিত (suspended) অবস্থায় রাখিয়া উহার মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করিলে বোরিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট উৎপন্ন হয়।

$$Ca_2B_6O_{11} + 2SO_2 + 9H_2O = 2CaSO_3 + 6H_3BO_3$$

$$2CaSO_3 + 2SO_2 + 2H_2O = 2Ca(HSO_3)_2$$

$$\overline{Ca_3B_6O_{11} + 4SO_2 + 11H_2O = 6H_3BO_3 + 2Ca(HSO_3)_2}$$

মিশ্রণটিকে শীতল করিলে বোরিক অ্যাসিড কেলাসের আকারে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহাকে ফিল্টার করিয়া পৃথক করা যায়।

(iii) **উষ্ণ প্রস্রবণের জল হইতে বোরিক অ্যাসিড উৎপাদন :** ইতালীর টাসক্যানি অঞ্চলের বহু উষ্ণ প্রস্রবণ হইতে স্টীমের ধারা (soffioni বা fumurolis নামে পরিচিত) নির্গত হইয়া চতুর্দিকে জলাভূমি (lagoon) সৃষ্টি করিয়াছে। ভূগর্ভনিস্থঃত এই স্টীমের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, নাইট্রোজেন, অ্যামোনিয়া এবং অতি সামান্য পরিমাণ বোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। সম্ভবত এই বোরিক অ্যাসিড ভূগর্ভে বোরন নাইট্রাইড অথবা বোরন সালফাইডের সহিত স্টীমের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয়। $BN + 3H_2O = H_3BO_3 + NH_3$; $B_2S_3 + 6H_2O = 2H_3BO_3 + 3H_2S$। যে-সব স্থানে এইরূপ

উষ্ণ প্রস্রবণ আছে অথবা মাটি খুঁড়িয়া অনুরূপ প্রস্রবণের সৃষ্টি করা হইয়াছে, তাহার চারিপাশে বিভিন্ন উচ্চতায় অনেকগুলি অগভীর জলাধার (basin) নির্মাণ করা হয়। ভূগর্ভ হইতে নির্গত স্টীমকে বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদনের জন্য ব্যবহার করিয়া স্টীমের ঘনীভবনের ফলে উৎপন্ন সামান্য বোরিক অ্যাসিডযুক্ত জলকে বিভিন্ন জলাধারে পর্যায়ক্রমে প্রবাহিত করিলে বাষ্পীভবনের ফলে বোরিক অ্যাসিডের অতি লঘু দ্রবণ ক্রমশ গাঢ়তর হইতে হইতে শেষপর্যন্ত বোরিক অ্যাসিডকে কেলাসরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে।

বোরিক অ্যাসিডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ অর্থোবোরিক অ্যাসিড সাদা, কেলাসাকার পদার্থ, স্পর্শ করিলে তৈলাক্ত বলিয়া মনে হয়। শীতল জলে ইহার দ্রাব্যতা সামান্য হইলেও উষ্ণ জলে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে দ্রাব্য। বোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ফুটাইলে স্টীমের সহিত অল্প পরিমাণ বোরিক অ্যাসিডও বাষ্পীভূত হয়। সেইজন্যই উষ্ণ প্রস্রবণে ভূগর্ভ হইতে নির্গত স্টীমের মধ্যে বোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ অর্থোবোরিক অ্যাসিডকে 100° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা এক অণু জল ত্যাগ করিয়া মেটাবোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। উৎপন্ন মেটাবোরিক অ্যাসিডকে 140° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিলে BnO_{2n-1} সাধারণ সঙ্কেতের অ্যানায়ন যুক্ত বিভিন্ন পলিবোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ;

$$nHBO_2 - H_2O \longrightarrow H_{n-2}B_nO_{2n-1}$$

যেমন, $H_2B_4O_7$, $H_3B_5O_9$, $H_4B_6O_{11}$ এবং $H_6B_8O_{15}$

আরও বেশি উত্তপ্ত করিয়া লোহিত তপ্ত উষ্ণতা সৃষ্টি করিলে, পলিবোরিক অ্যাসিড হইতে জলের অণু সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া কাচসদৃশ বোরন ট্রাই-অক্সাইড সৃষ্ট হয়।

$$H_3BO_3 \overset{100^\circ C}{=} HBO_2 + H_2O \; ; \; 4HBO_2 \overset{140^\circ C}{=} H_2B_4O_7 + H_2O$$

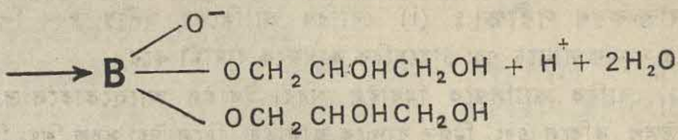
$$5HBO_2 \overset{>140^\circ C}{=} H_3B_5O_9 + H_2O \text{ ইত্যাদি}$$

$$H_2B_4O_7 \overset{\text{লোহিত তপ্ত}}{=} 2B_2O_3 + H_2O$$

পলিবোরিক অ্যাসিডগুলির অস্তিত্ব সম্পর্কে সন্দেহের অবকাশ থাকিলেও স্থায়ি যৌগ হিসাবে ইহাদের অনেকের লবণকেই আকরিক অবস্থায় পাওয়া যায়।

বোরিক অ্যাসিড খুব দুর্বল অ্যাসিড এবং একক্ষারিক অ্যাসিড হিসাবে আয়নিত হয়। $H_3BO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2BO_3^-$

ইহা গ্লিসারলের সহিত যুক্ত হইয়া একটি একক্ষারিক জটিল তীব্র অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $H_3BO_3 + 2HOCH_2 - CHOH - CH_2OH$



তাই অতিরিক্ত গ্লিসারলের উপস্থিতিতে বোরিক অ্যাসিডকে একক্ষারিক অ্যাসিড হিসাবে ফিনলথ্যালিন সূচকের সাহায্যে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেট করা যায়।

অর্থোবোরেটের সংখ্যা অল্প। ইহারা প্রধানত জৈব এস্টার।

$B(OH)_3 + 3C_2H_5OH = B(OC_2H_5)_3$ (ইথাইল বোরেট) $+ 3H_2O$।

অর্থোবোরেট লবণের মধ্যে উল্লেখযোগ্য ম্যাগনেসিয়াম অর্থোবোরেট $Mg_3(BO_3)_2$।

ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বোরিক অ্যাসিড মেটাবোরেট লবণ উৎপন্ন করে। $H_3BO_3 + NaOH = NaBO_2$ (সোডিয়াম মেটাবোরেট) $+ 2H_2O$

অধিকাংশ ধাতুর বোরেট লবণই মেটাবোরেট লবণ। সাধারণত ঐ সব ধাতুর দ্রবণীয় লবণের জলীয় দ্রবণে বোরাক্স দ্রবণ যোগ করিয়া সংশ্লিষ্ট মেটাবোরেটকে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

$$BaCl_2 + Na_2B_4O_7 + 3H_2O = Ba(BO_2)_2 + 2H\ BO_3 + 2NaCl$$

বোরিক অ্যাসিড বা বোরন হাইড্রক্সাইডের ক্ষারকীয় ধর্ম : বোরিক অ্যাসিডের সামান্য ক্ষারকীয় ধর্মও আছে। ইহা সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া বোরন হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে এবং ফসফোরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া বাষ্পায়ন করিলে বোরন ফসফেটে পরিণত হয়।

$B(OH)_3 + 3SO_3 = B(HSO_4)_3$ (বোরন হাইড্রোজেন সালফেট)

$B(OH)_3 + H_3PO_4 = 3H_2O + BPO_4$ (বোরন ফসফেট)

বোরন ফসফেট জল এবং অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফসফেট ও বোরেট লবণ উৎপন্ন করে।

উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে অতি অল্প পরিমাণ বোরিক অ্যাসিড উপস্থিত থাকে। (এক কিলোগ্রাম ময়দায় বোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ প্রায় 2·8 মিলিগ্রাম এবং এক লিটার দুধে 1·1 মিলিগ্রাম)। উদ্ভিদের পুষ্টির জন্য অল্প পরিমাণ বোরিক অ্যাসিড আবশ্যক হয়, যদিও অত্যধিক পরিমাণে উপস্থিত থাকিলে ইহা বিষের কাজ করে।

ব্যবহার : বোরিক অ্যাসিড জীবাণুনাশক হিসাবে ঔষধপত্রে ব্যবহৃত হয়। ব্যাণ্ডেজের তুলাকে বোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে জীবাণুনাশক করা হয়। চক্ষু ধৌত করার দ্রবণে এবং চর্মরোগের মলমেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

কাচ, এনামেল ইত্যাদির শিল্পোৎপাদনেও ইহার ব্যবহার আছে।
দুগ্ধ সংরক্ষণের জন্যও ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) বোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ লিটমাস কাগজকে সামান্য লালচে এবং টারমেরিক কাগজকে বাদামী করে।

(ii) বোরিক অ্যাসিডকে মিথাইল অথবা ইথাইল অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করিয়া উত্তপ্ত করিলে এবং নির্গত বাষ্পকে জ্বালাইয়া দিলে উহা সবুজ শিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিতে থাকিবে।

বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$) বা সোহাগা

বোরাক্স টেট্রাবোরিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ। ভারত, তিব্বত, ক্যালিফোর্নিয়া ইত্যাদি দেশে শুষ্ক হইয়া যাওয়া হ্রদ অধ্যুষিত অঞ্চল হইতে ইহাকে 'টিংকাল' (tincal) নামে সংগ্রহ করা হয়। মধ্যযুগে ভারত ও তিব্বত হইতে 'টিংকাল' ইউরোপে রপ্তানি হইত।

বোরাক্স প্রস্তুতি :

(i) **টিংকাল হইতে :** টিংকালের মধ্যে প্রায় 55% বোরাক্স থাকে। টিংকাল হইতে বোরাক্স নিষ্কাশন করার জন্য টিংকালকে প্রথমে গরম জলে দ্রবীভূত করা হয়। অতঃপর দ্রবণটিকে ফিলটার করিয়া অদ্রাব্য অশুদ্ধি হইতে মুক্ত করার পর শীতল করিলে বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$) কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়।

(ii) **বোরিক অ্যাসিড হইতে :** পূর্বে বোরিক অ্যাসিডের উষ্ণ দ্রবণের মধ্যে সঠিক পরিমাণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিয়া বোরাক্স শিল্পোৎপাদন করা হইত। দ্রবণটিকে শীতল করিলে বোরাক্সের কেলাস পাওয়া যাইত।

$$4H_3BO_3 + Na_2CO_3 = Na_2B_4O_7 + 6H_2O + CO_2$$

(iii) **কোলম্যানাইট হইতে :** কোলম্যানাইট $Ca_2B_6O_{11}$, $5H_2O$ হেক্সাবোরিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ। আকরিকটিকে প্রথমে সূক্ষ্মভাবে চূর্ণ করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণের সহিত ফুটানো হয়। বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সোডিয়াম টেট্রাবোরেট ও সোডিয়াম মেটাবোরেটের একটি মিশ্র দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 = 2CaCO_3 + Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2$$

অধঃক্ষিপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে ফিলটার করিয়া পৃথক করার পর দ্রবণটিকে বাষ্পীভবনের সাহায্যে গাঢ় করিলে, সোডিয়াম টেট্রাবোরেট বোরাক্স কেলাসের আকারে পৃথক হয়। কেলাসিত বোরাক্সকে 'মাদার লিকার' হইতে অপসারণ করিয়া উহার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুযায়ী সোডিয়াম মেটাবোরেট সোডিয়াম টেট্রাবোরেটে পরিণত হয়।

$$4NaBO_2 + CO_2 = Na_2B_4O_7 + Na_2CO_3$$

অতঃপর দ্রবণটিকে পুনরায় গাঢ় করিয়া দ্বিতীয় দফায় বোরাক্স কেলাস আহরণ করা হয়।

(iv) **কের্ণাইট ($Na_2B_4O_7$, $4H_2O$) হইতেঃ** বোরাক্স উৎপাদনের সর্বাধুনিক পদ্ধতিতে কের্ণাইট আকরিককে জলে দ্রবীভূত করিয়া কেলাসনের সাহায্যে বোরাক্স কেলাসে রূপান্তরিত করা হয়।

বোরাক্সের ধর্মঃ বোরাক্স বর্ণহীন কেলাস, শুষ্ক বায়ুতে উদত্যাগ করে (effloresce)। ইহা জলে দ্রবণীয়, জলীয় দ্রবণ **সোডিয়াম টেট্রাবোরেটের** আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ করে।

$$Na_2B_4O_7+7H_2O=2NaOH+4H_3BO_3$$

মিথাইল অরেঞ্জ সূচকের বর্ণ বোরিক অ্যাসিডের প্রভাবে পরিবর্তিত হয় না বলিয়া মিথাইল অরেঞ্জ সূচকের উপস্থিতিতে বোরাক্স দ্রবণকে ক্ষার দ্রবণ হিসাবে প্রমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেসন করা যায়।

উত্তপ্ত করিলে বোরাক্স তাহার কেলাস জল হারাইয়া ফুলিয়া উঠে এবং একটি সাদা পিণ্ডে পরিণত হয়। এই পিণ্ডের মধ্যে নিরুদিত বোরাক্সের তিনটি রূপ (গলনাঙ্ক 738°, 710° ও 663°C) উপস্থিত থাকে যাহারা আরও উত্তপ্ত হইলে, গলিয়া কাচসদৃশ স্বচ্ছ বস্তুতে পরিণত হয়।

পরীক্ষাগারে প্লাটিনাম তারের একটি ক্ষুদ্র ফাঁসের উপর বোরাক্স গালাইয়া প্রস্তুত অনুরূপ স্বচ্ছগুটি বা বোরাক্সবীড ক্ষারীয় মূলকের শুষ্ক পরীক্ষার জন্য ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাধীন পদার্থের অতি সামান্য অংশ বোরাক্স বীডে লইয়া উত্তপ্ত করিলে বহু ক্ষারকীয় মূলক বুন্সেন দীপের জারক শিখায় ও বিজারক শিখায় বৈশিষ্ট্য-সূচক বর্ণ উৎপন্ন করে। বিভিন্ন মাত্রায় জারিত ধাতুর অক্সাইড বোরাক্সের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে-ধাতব মেটাবোরেট উৎপন্ন করে, তাহাই অধিকাংশ ক্ষেত্রে উদ্ভূত বৈশিষ্ট্যসূচক বর্ণের কারণ।

$$CuO+Na_2B_4O_7=Cu(BO_2)_2+2NaBO_2$$

বোরাক্স বীড পরীক্ষায় কয়েকটি ধাতুর বৈশিষ্ট্যসূচক বর্ণ নিম্নে লিপিবদ্ধ হইল।

ধাতুর যৌগ	বোরাক্স বীডে উদ্ভূত বর্ণ	
	জারক শিখাতে	বিজারক শিখাতে
কপার	নীল	অস্বচ্ছ লাল
ক্রোমিয়াম	সবুজ	সবুজ
কোবাল্ট	নীল	নীল
ম্যাঙ্গানিজ	বেগুনী	বর্ণহীন
আয়রন	হলুদ	সবুজ বোতলের রঙ
নিকেল	লালচে বাদামী	অস্বচ্ছ ধূসর

ব্যবহারঃ (1) ইস্ত্রি করার সময় চক্চকে ভাব আনার জন্য লণ্ড্রিতে; (2) চীনামাটির পাত্রে ব্যবহৃত গ্লেজ (glaze) প্রস্তুতিতে এবং কাচশিল্পে; (3) ধাতু ঝালাইয়ের কাজে বিগলক (flux) হিসাবে; (4) জীবাণুনাশক হিসাবে কমলালেবু

ইত্যাদিকে প্যাকিং-এর পূর্বে ধুইবার জন্য ; (5) পরীক্ষাগারে বোরাক্স বীড পরীক্ষার জন্য ; ইত্যাদি কাজে বোরাক্স ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত বোরাক্স দ্রবণ টারমেরিক কাগজকে বাদামী করে।

(ii) বোরাক্সকে মিথাইল বা ইথাইল অ্যালকোহল এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে এবং নির্গত বাষ্পকে জ্বালাইয়া দিলে উহা সবুজ শিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিতে থাকে। কিন্তু মিশ্রণে সালফিউরিক অ্যাসিড উপস্থিত না থাকিলে এইরূপ সবুজ শিখা উৎপন্ন হয় না (বোরিক অ্যাসিডের সহিত প্রভেদ)।

সার-সংক্ষেপ

বোরন

প্রস্তুতি : একটি মূচির মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ ও বোরন ট্রাই-অক্সাইডের (1 : 3 অনুপাতে) মিশ্রণ লইয়া ঢাকনা চাপা দিয়া উত্তপ্ত করিলে বোরন পাওয়া যায়। $B_2O_3 + 3Mg = 2B + 3MgO$

হাইড্রোজেন ও বোরন ট্রাইক্লোরাইড বাষ্পের মিশ্রণের মধ্যে ইলেকট্রিক আর্ক সৃষ্টি করিলে বিশুদ্ধ বোরন উৎপন্ন হয়। $2BCl_3 + 3H_2 = 2B + 6HCl$

ধর্ম : বোরন নিয়তাকার ও অনিয়তাকার উভয় প্রকার রূপভেদে দেখিতে পাওয়া যায়।

রাসায়নিক বিক্রিয়া : $4B + 3O_2 = 2B_2O_3$; $2B + N_2 \overset{1200°C}{=} 2BN$;

$4B + 3SiO_2 \overset{\Delta}{=} 3Si + 2B_2O_3$; $2B + 3Cl_2 = 2BCl_3$;

$2B + 3F_2 = 2BF_3$ (স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়া) ; $C + 4B \overset{\text{তড়িৎচুল্লী}}{=} CB_4$

$B + 3HNO_3 = H_3BO_3 + 3NO_2$;

$2B + 3H_2SO_4 = B_2O_3 + 3SO_2 + 3H_2O$

বোরন ট্রাই-অক্সাইড

অনিয়তাকার বোরনকে অক্সিজেনে দহন করিলে B_2O_3 উৎপন্ন হয় ; $4B + 3O_2 = 2B_2O_3$। ইহা আম্লিক অক্সাইড। জলের সহিত প্রথমে দ্রুত বিক্রিয়া করিয়া মেটাবোরিক অ্যাসিড ও পরে ধীরগতিতে বিক্রিয়া করিয়া অর্থোবোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$B_2O_3 + H_2O = 2HBO_2$; $HBO_2 + H_2O = H_3BO_3$

$CuO + B_2O_3 \overset{\Delta}{=} Cu(BO_2)_2$ (কপার মেটাবোরেট)

সামান্য ক্ষারকীয় অক্সাইড ধর্মও থাকায় ইহা ফসফোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে।

$$B_2O_3 + 2H_3PO_4 \overset{\Delta}{=} 3H_2O + 2BPO_4$$ (বোরন ফসফেট)

বোরিক অ্যাসিড

প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগারে সম্পৃক্ত উষ্ণ বোরাক্স দ্রবণে গাঢ় HCl যোগ করিয়া শীতল করিলে বোরিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O = 2NaCl + 4H_3BO_3$$

জলে কোলম্যানাইটের প্রলম্বনে SO_2 চালনা করিয়া বোরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$Ca_2B_6O_{11} + 4SO_2 + 11H_2O = 6H_3BO_3 + 2Ca(HSO_3)_2$$

ধর্ম ঃ অর্থোবোরিক অ্যাসিড জলে অল্পমাত্রায় দ্রাব্য কেলাসাকার পদার্থ। 100°C উষ্ণতায় ইহা জলে অণু ত্যাগ করিয়া মেটাবোরিক অ্যাসিডে ও 140°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে বিভিন্ন পলিবোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় ;

$$H_3BO_3 = HBO_2 + H_2O \; ; \; nHBO_2 - H_2O = H_{n-2}B_nO_{2n-1}$$

লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় শেষ পর্যন্ত B_2O_3 পাওয়া যায়।

ইহা গ্লিসারলের সহিত যুক্ত হইয়া একটি একক্ষারিক তীব্র অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$H_3BO_3 + 2HOCH_2 - CHOH - CH_2OH \rightarrow (CH_2OH - CHOH - CH_2 - O)_2\ BO_2^- + H^+ + 2H_2O$$

ইহা অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়ায় এস্টার গঠন করে ;

$$H_3BO_3 + 3C_2H_5 - OH \rightarrow B(OC_2H_5)_3 + 3H_2O$$

বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$) বা সোহাগা

প্রস্তুতি ঃ আকরিক টিংকালকে জলে দ্রাবিত করিয়া অথবা কোলম্যানাইটকে Na_2CO_3 দ্রবণের সহিত ফুটাইয়া বোরাক্স প্রস্তুত করা যায় :

$$Ca_2B_6O_{11} + Na_2CO_3 = 2CaCO_3 + Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2$$

ধর্ম ঃ ইহা বর্ণহীন, উদ্‌ত্যাগী, জলে দ্রাব্য কেলাস। জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য ক্ষারধর্মী ; $Na_2B_4O_7 + 7H_2O = 2NaOH + 4H_3BO_3$ । পরীক্ষাগারে বোরাক্স বীড পরীক্ষার সময় বহু ধাতব লবণ বিভিন্ন মাত্রায় জারিত অক্সাইডে পরিণত হইয়া বোরাক্সের সহিত বিক্রিয়া করে এবং বৈশিষ্ট্যসূচক বর্ণের ধাতব মেটাবোরেট উৎপন্ন করে :

$$CuO + Na_2B_4O_7 = Cu(BO_2)_2 + 2NaBO_2$$

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

(1) বোরাক্স কি ? কিরূপে ইহাকে বেশি পরিমাণে প্রস্তুত করা হয় ? বোরাক্সের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

(2) বোরিক অ্যাসিডের প্রাকৃতিক উৎস কি? কিরূপে ঐ উৎস হইতে বোরিক অ্যাসিড পৃথক করা হয় ?

অর্থোবোরিক অ্যাসিডকে ক্রমশ উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কি কি পরিবর্তন হয় ?

বোরিক অ্যাসিডের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

(3) পরীক্ষাগারে কিরূপে বোরন প্রস্তুত করা হয়? কি অবস্থায় বোরন নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়া করে তাহা উপযুক্ত সমীকরণসহ বিবৃত কর :

(i) নাইট্রোজেন, (ii) ক্লোরিন, (iii) নাইট্রিক অ্যাসিড, iv) কস্টিক পটাস।

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

উপযুক্ত সমীকরণসহ কি ঘটে উল্লেখ কর :

(ক) বোরন ট্রাই-অক্সাইডকে ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া আচ্ছাদিত মূচির মধ্যে উত্তপ্ত করা হইল।

(খ) বোরনকে নাইট্রিক-অক্সাইড পরিমণ্ডলে উত্তপ্ত করা হইল।

(গ) তীব্রভাবে উত্তপ্ত বোরন ট্রাই-অক্সাইড ও চারকোল চূর্ণ মিশ্রণের উপর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল।

(ঘ) বোরাক্স, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও অ্যালকোহল মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া নির্গত গ্যাসকে প্রজ্বলিত করা হইল।

8

কার্বন ও উহার কয়েকটি যৌগ

[CARBON AND SOME OF ITS COMPOUNDS]

[Syllabus : Carbon, CO, CO_2, Carbonic acid]

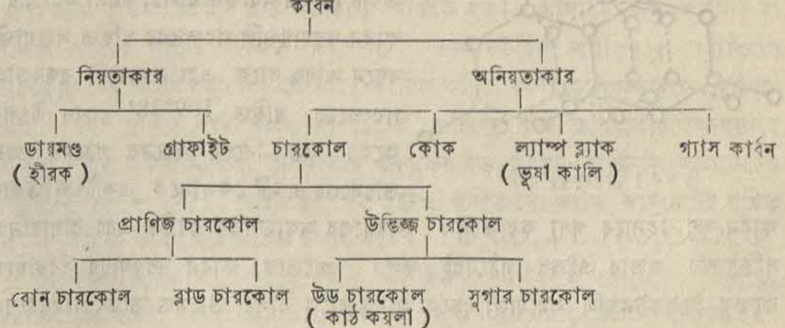
কার্বন (C)

[পারমাণবিক গুরুত্ব 12 ; পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 6 ; ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$]

অবস্থিতি ঃ প্রকৃতিতে কার্বন মুক্ত অবস্থায় নিয়তাকার-রূপে ডায়মণ্ড (হীরক) ও গ্রাফাইট হিসাবে এবং অনিয়তাকার-রূপে অ্যানথ্রাসাইট কয়লা হিসাবে পাওয়া যায়। অন্যান্য মৌলের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইড হিসাবে বায়ুতে, হাইড্রোকার্বন হিসাবে পেট্রোলিয়ামে, উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের অসংখ্য যৌগের মধ্যে এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট, ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের মত অজৈব যৌগের বিভিন্ন খনিজে উপস্থিত থাকে।

কার্বনের বহুরূপতা (Allotropy of Carbon) ঃ কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদ আছে। রূপভেদগুলির মধ্যে ডায়মণ্ড ও গ্রাফাইট নিয়তাকার (crystalline)। অপরদিকে বিভিন্ন প্রকারের চারকোল, গ্যাস-কার্বন, ল্যাম্প ব্ল্যাক, কোক ইত্যাদিকে সাধারণত অনিয়তাকার হিসাবে গণ্য করা হয়। তবে এই সব তথাকথিত অনিয়তাকার কার্বনের অধিকাংশই অতি ক্ষুদ্র গ্রাফাইট কেলাস দ্বারা গঠিত এবং সত্যকার অনিয়তাকার নহে।

কার্বনের রূপভেদগুলিকে নিম্নলিখিতভাবে শ্রেণীবিভক্ত করা হয় ঃ

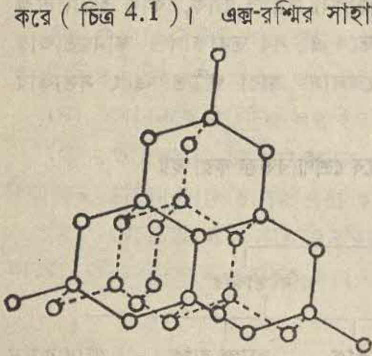


ডায়মণ্ড (হীরক) ঃ দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রাজিল, উরাল পর্বত এবং ভারতবর্ষে খনি হইতে ডায়মণ্ড পাওয়া যায়। ডায়মণ্ডের মধ্যে যেগুলি বর্ণহীন বা অতি সামান্য রঙ্গীন সেগুলিকেই মূল্যবান রত্ন হিসাবে গণ্য করা হয়। কালো কিংবা অতিরিক্ত গাঢ় বর্ণের ডায়মণ্ডকে কার্বনাডো বা বোর্ট নামে ছেদনের কাজে ব্যবহার করা হয়।

মূল্যবান ডায়মণ্ডের ওজন ক্যারাটে (carat) প্রকাশ করা হয়। (এক ক্যারাট= 0·200 গ্রাম)। সর্বাপেক্ষা বৃহৎ ডায়মণ্ড খণ্ডের নাম কুলিনান (Cullinan) 3032 ক্যারাট। কোহিনুর (106 ক্যারাট), পিট (136·25 ক্যারাট), হোপ (44·5 ক্যারাট) ইত্যাদিও বিখ্যাত হীরকখণ্ড।

কার্বনের সকলপ্রকার বহুরূপের মধ্যে ডায়মণ্ড সর্বাপেক্ষা ভারী উজ্জ্বল স্বচ্ছ বহুরূপ (আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·52)। বোরন কার্বাইড ব্যতীত অন্য সকল জ্ঞাত পদার্থ অপেক্ষা ইহা বেশি কঠিন। এক্স-রশ্মি ইহাকে ভেদ করিতে পারে কিন্তু নকল ডায়মণ্ডকে পারে না। ইহা তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী এবং রাসায়নিকভাবে বেশ নিষ্ক্রিয়। অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে না কিন্তু গলিত সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ধীরগতিতে বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে $Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO$। ইহা 700° – 800° সেন্টিগ্রেডে অক্সিজেন বা ফ্লোরিন পরিমণ্ডলে জারিত হইয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন টেট্রাফ্লোরাইডে পরিণত হয়। $C + O_2 = CO_2$; $C + 2F_2 = CF_4$। ইহা গলিত আয়রনে দ্রবীভূত হয় এবং সালফার বাষ্পে 1000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আক্রান্ত হয়। বায়ুশূন্য পরিবেশে উত্তপ্ত করিলে ইহা 1500° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা পর্যন্ত সুস্থিত থাকে কিন্তু 1800° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে গ্রাফাইটে পরিবর্তিত হয়।

ডায়মণ্ডের গঠন ঃ ডায়মণ্ড অষ্টতলকাকৃতি (Octahedral) কেলাস গঠন করে (চিত্র 4.1)। এক্স-রশ্মির সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, কেলাসের মধ্যে প্রত্যেক কার্বন পরমাণু সমদূরত্বে অবস্থিত চারটি কার্বন পরমাণু দ্বারা পরিবেষ্টিত এবং ঐ চারটি কার্বন পরমাণুকে একটি সুষম চতুস্তলকের (regular tetrahedron) এক একটি কোণে অবস্থিত বলিয়া কল্পনা করা যায়। কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পরের সহিত সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে এবং সমযোজী বন্ধনগুলি পরস্পরের সহিত 109°28′ কোণ উৎপন্ন করে। এই বিশেষ ধরনের গঠনের জন্য ডায়মণ্ডের একটি কেলাসকে একটি অতিকায় কার্বন অণু হিসাবে গণ্য করা চলে। ডায়মণ্ডের অস্বাভাবিক কাঠিন্য এবং রাসায়নিক সক্রিয়তার অভাব এইরূপ গঠনেরই ফল। প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনগুলি সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে বলিয়া ডায়মণ্ড তড়িৎ-পরিবহণেও সক্ষম নয়।


চিত্র 4.1 ডায়মণ্ডের গঠন

ব্যবহার ঃ বিশিষ্ট কেলাস গঠন ও অতি উচ্চ প্রতিসরাঙ্কের জন্য ডায়মণ্ডের উপর আপতিত আলোক-রশ্মির অধিকাংশই পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া ইহাকে অত্যুজ্জ্বল করিয়া তোলে। তাই ডায়মণ্ড অতি মূল্যবান রত্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রত্ন

হিসাবে ব্যবহারের অনুপযোগী গাঢ় অথবা কালো রঙের ডায়মণ্ড অর্থাৎ কার্বনাডো বা বোর্ট প্রস্তর এবং অন্যান্য অতি কঠিন বস্তু ছেদনের জন্য ব্যবহৃত হয়।

কৃত্রিম ডায়মণ্ড: 1893 খ্রীস্টাব্দে ময়সান (Moissan) সুগার চারকোল ও আয়রন চূর্ণের মিশ্রণকে একটি তড়িৎচুল্লীতে প্রায় 3000° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া হঠাৎ শীতল করেন। উচ্চ তাপমাত্রায় গলিত আয়রন যেটুকু কার্বনকে দ্রবীভূত করিয়াছিল অকস্মাৎ শীতলীকরণের ফলে উহার একাংশ কেলাসিত হইয়া পৃথক হয় এবং আয়রনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে দ্রবীভূত করার পর দেখা যায় যে, উৎপন্ন কেলাসগুলির মধ্যে গ্রাফাইট কেলাস ব্যতীত অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ডায়মণ্ড কেলাসও উপস্থিত আছে। কিন্তু এইরূপ কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত ডায়মণ্ড অত্যন্ত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার আকারে পাওয়া যায় বলিয়া রত্ন হিসাবে উহাদের বিশেষ মূল্য নাই এবং পদ্ধতিটিও অত্যন্ত ব্যয়বহুল। সেইজন্য অনুরূপ কৃত্রিম উপায়ে ডায়মণ্ড প্রস্তুত প্রণালী বাণিজ্যিক সফলতা লাভ করিতে পারে নাই।

গ্রাফাইট: লেডের (সীসা) মত গ্রাফাইটের সাহায্যে কাগজে লেখা যায় বলিয়া ইহাকে ব্ল্যাক লেডও বলা হয়। ভ্যার্ন্যার (Werner) প্রথম ইহার নাম রাখেন গ্রাফাইট (গ্রীক grapho = লিখি)। সাইবেরিয়া, বোহেমিয়া, ব্যাভেরিয়া ও সিংহলে প্রচুর পরিমাণে এবং ক্যানাডা, ক্যালিফোর্নিয়া ইত্যাদি অঞ্চলে অল্প পরিমাণে গ্রাফাইট পাওয়া যায়। সাইবেরিয়া এবং বোহেমিয়ায় প্রাপ্ত গ্রাফাইট হইতেই সাধারণত লেখার পেন্সিল তৈয়ারী হয়।

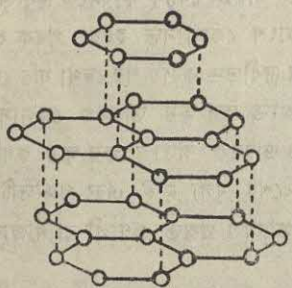
গ্রাফাইটের ধর্ম: বিশুদ্ধ গ্রাফাইট কৃষ্ণবর্ণ, আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·25। অস্বচ্ছ, নরম, তৈলাক্তস্পর্শ কার্বনের এই বহুরূপটি দ্বারা কাগজে লেখা যায়। কার্বন যদিও অধাতু তবু উহার এই বহুরূপটি ধাতব ঔজ্জ্বল্যসম্পন্ন এবং তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা অনিয়তাকার কার্বন অপেক্ষা অনেক কম, যদিও ডায়মণ্ড অপেক্ষা কিছু বেশি। বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহা প্রায় 700° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। গ্রাফাইট লঘু অ্যাসিড বা গলিত ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না। সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের মিশ্রণ ইহাকে ধীরে ধীরে জারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে। ইহা গলিত পটাসিয়াম নাইট্রেটের সান্নিধ্যে উচ্চ তাপমাত্রায় উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে কিন্তু অনুরূপ তাপমাত্রায় কোকের মত গলিত সোডিয়াম সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করে না। ডায়মণ্ডের মত ইহাও গলিত সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে। $Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ক্লোরেটের মিশ্রণের দ্বারা জারিত হইয়া গ্রাফাইট গ্রাফাইটিক অ্যাসিডে (graphitic acid) পরিণত হয়। গ্রাফাইটিক অ্যাসিডের (অনেকে বলেন গ্রাফাইটিক অক্সাইড) গঠন সঙ্কেত অজ্ঞাত। ইহা বাদামী বর্ণ কঠিন পদার্থ, জলে অদ্রাব্য কিন্তু আর্দ্র লিটমাস কাগজকে লাল করে।

কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার না করিয়া শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং

সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রন ব্যবহার করিলে গ্রাফাইট আর একটি অজ্ঞাত গঠন-সঙ্কেতের যৌগ, গোলাপী বর্ণ গ্রাফন সালফেটে পরিণত হয়।

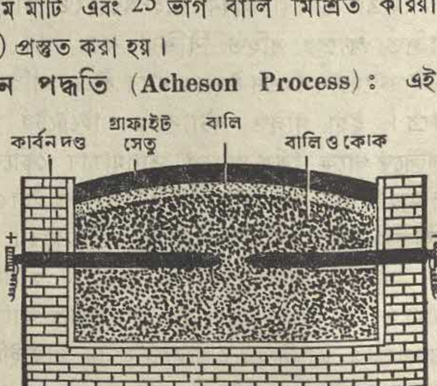
গ্রাফাইটের গঠন : গ্রাফাইটে কার্বন পরমাণুগুলি সুষম ষড়ভুজের আকারে কতকগুলি বিভিন্ন সমতলীয় স্তরে বিন্যস্ত। এক একটি স্তরে প্রত্যেক কার্বন পরমাণু শক্তিশালী সমযোজী বন্ধন দ্বারা পাশের তিনটি কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত। উহাদের অন্তর্বর্তী দূরত্ব 1·4 Å (1Å = 10^{-8}cm)। অপরদিকে 3·4Å দূরে অবস্থিত পরবর্তী স্তরের কার্বনের সহিত ইহাদের চতুর্থ বন্ধনটি অত্যন্ত দুর্বল এবং সহজেই ছিন্ন হয় (চিত্র 4.2)। এজন্য গ্রাফাইটের একটি স্তর অন্য স্তর হইতে সহজেই পৃথক হইতে পারে এবং গ্রাফাইটের নমনীয়তা ও তৈলসদৃশ লুব্রিকেটিং ধর্ম প্রদর্শন করে। সমান্তরাল স্তরগুলির মধ্যে ইলেকট্রন চলাচলের কিছু স্বাধীনতা থাকে বলিয়া গ্রাফাইট তড়িতের উত্তম পরিবাহী হিসাবে কাজ করে।



চিত্র 4.2 গ্রাফাইটের গঠন

গ্রাফাইটের ব্যবহার : (1) তড়িতের সুপরিবাহী বলিয়া ইহা তড়িৎ-দ্বার প্রস্তুত করার জন্য ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। (2) পেন্সিলের 'সিস্' প্রস্তুত করার জন্য গ্রাফাইট অপরিহার্য। (3) শুষ্ক তড়িৎকোষের মধ্যে এবং লুব্রিক্যান্ট হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। জলের মধ্যে ইহার ভাসমান সূক্ষ্ম চূর্ণকে অ্যাকোয়াড্যাগ (aquadag) এবং তেলের মধ্যে ইহার ভাসমান সূক্ষ্ম চূর্ণকে অয়েলড্যাগ (oildag) নামে লুব্রিকেসানের কাজে ব্যবহার করা হয়। (4) গ্রাফাইট, সিলিকন কার্বাইড এবং মাটির মিশ্রণকে ক্রিপটল নামের রোধ হিসাবে তড়িৎচুল্লীতে ব্যবহার করা হয়। (5) 100 ভাগ গ্রাফাইট, 75 ভাগ নরম মাটি এবং 25 ভাগ বালি মিশ্রিত করিয়া প্লামবাগো মুচি (plumbago crucible) প্রস্তুত করা হয়।

কৃত্রিম গ্রাফাইট : অ্যাকেসন পদ্ধতি (Acheson Process) : এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ ইষ্টক-নির্মিত আয়তাকার তড়িৎচুল্লীতে উত্তমরূপে মিশ্রিত বালি ও কোকচূর্ণের মিশ্রণ লইয়া, গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা 3000°-3500° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা সৃষ্টি করা হয়। সমগ্র মিশ্রণটি বালির স্তূপ দ্বারা আবৃত রাখা হয় (চিত্র 4.3)। বিক্রিয়ার ফলে প্রথমে সিলিকন কার্বাইড উৎপন্ন হয়। $SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$। পরে উৎপন্ন



চিত্র 4.3 অ্যাকেসন পদ্ধতি

সিলিকন কার্বাইড বিয়োজিত হইয়া গ্রাফাইট ও সিলিকনে পরিণত হয়। সিলিকন বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায় এবং গ্রাফাইট পড়িয়া থাকে।

$$SiC = Si + C$$ (গ্রাফাইট)

বিভিন্ন রূপের চারকোল (Charcoal)

উড চারকোল বা কাঠ কয়লা (Wood charcoal) : লৌহনির্মিত বকযন্ত্রে কাষ্ঠের অন্তর্ধূমপাতন করিয়া কাঠ কয়লা প্রস্তুত করা হয়। অন্তর্ধূমপাতন শেষে বকযন্ত্রে যাহা অবশিষ্ট থাকিয়া যায় তাহাই কাঠ কয়লা। অন্তর্ধূমপাতনকালে যে-গ্যাসীয় পদার্থ নির্গত হয় (উড গ্যাস) তাহাকে বকযন্ত্র উত্তপ্ত করার কাজে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করা হয় এবং যে-তরল উপজাত পদার্থ (পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড) পাওয়া যায় তাহা হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন উড টার ইত্যাদি নিষ্কাশন করা হয়। কাঠ কয়লাকে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

সুগার চারকোল (Sugar charcoal) : ইহা কার্বনের অনিয়তাকার রূপভেদগুলির মধ্যে বিশুদ্ধতম। চিনি বা সুগারকে বায়ুনিরুদ্ধ অবস্থায় উত্তপ্ত করিয়া অথবা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নিরুদিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়।

$C_{12}H_{22}O_{11}$ (আখের চিনি) $+ H_2SO_4 = 12C + [H_2SO_4 + 11H_2O]$

উৎপন্ন সুগার চারকোলকে জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করিয়া ক্লোরিন গ্যাসের প্রবাহের মধ্যে উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে কার্বনের সহিত যুক্ত অবস্থায় কোনও হাইড্রোজেন উপস্থিত থাকিলে তাহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডরূপে বিদূরিত হয়। ক্লোরিনের দ্বারা শুদ্ধিকরণের পর অতিরিক্ত ক্লোরিনকে হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে উত্তপ্ত করিয়া অপসারিত করা হয়।

প্রাণিজ চারকোল (Animal charcoal) : প্রাণিজ চারকোল সাধারণত দুইপ্রকার, বোন চারকোল এবং ব্লাড চারকোল।

বোন চারকোল (Bone charcoal) : প্রাণিদেহের হাড়কে চর্বি ও মজ্জা হইতে পৃথক করার পর অতি উত্তপ্ত স্টীমের (superheated steam) সাহায্যে পরিষ্কৃত করা হয়। অতঃপর ঐ পরিষ্কৃত হাড়কে অন্তর্ধূমপাতন করিলে বকযন্ত্রের মধ্যে অবশেষ হিসাবে বোন চারকোল পাওয়া যায় এবং পাতিত তরল হিসাবে পাওয়া যায় অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার ও পিরিডিন ইত্যাদি জৈব ক্ষারক সমৃদ্ধ ডিপেলের তেল (Diphel's oil)। এইরূপে উৎপন্ন বোন চারকোল বিশুদ্ধ নহে। প্রায় 80% ক্যালসিয়াম ফসফেটের সহিত মিশ্রিত এই চারকোলকে বোন ব্লাক (Bone black) বলে। উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে ইহার মধ্যে উপস্থিত ক্যালসিয়াম ফসফেটকে দ্রবীভূত করিয়া উত্তমরূপে ধৌত, শুষ্ক ও চূর্ণ করিলে ঘোর কৃষ্ণবর্ণ আইভরি ব্ল্যাক (Ivory black) পাওয়া যায়।

ব্লাড চারকোল (Blood charcoal) : হাড়ের পরিবর্তে শুষ্ক প্রাণীরক্ত লইয়া অন্তর্ধূমপাতন করিলে প্রাপ্ত চারকোলকে ব্লাড চারকোল বলে।

সক্রিয় চারকোল (**Active charcoal**) : বিভিন্ন প্রকার চারকোল, কোক বা কয়লা হইতে নিম্নলিখিত উপায়ে গ্যাস বহির্ধৃতির অতিরিক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন সক্রিয় চারকোল প্রস্তুত করা হয়। ইহাদের মধ্যে নারিকেল মালা হইতে প্রস্তুত সক্রিয় চারকোল সর্বাপেক্ষা অধিক সক্রিয় চারকোলগুলির অন্যতম।

(i) **প্রত্যক্ষ পদ্ধতি** (**Direct process**) : একটি বকযন্ত্রে চারকোল অথবা উপযুক্ত মানের কয়লা হইতে প্রস্তুত কোক লইয়া 1000° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় পরিমিত বায়ু অথবা ষ্টীমের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় চারকোলের ভিতরকার সূক্ষ্ম রন্ধ্রগুলি যে-সব পদার্থ ভরাট করিয়া রাখিয়াছিল, তাহারা অপসারিত হইয়া চারকোলকে সক্রিয় করিয়া তোলে।

(ii) **ব্রিকেটিং পদ্ধতি** (**Briquetting process**) : এই পদ্ধতিতে উপযুক্ত মানের কাঠকয়লা (যেমন বীচ কাঠের কাঠকয়লা) বা অন্য কোনও চারকোল চূর্ণকে কাষ্ঠনিঃসৃত আলকাতরা (wood tar) এবং অল্প পরিমাণ কষ্টিক সোডা মিশাইয়া ছোট ছোট পিণ্ডে পরিণত করা হয় এবং ঐ পিণ্ডগুলিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়া শেষ পর্যন্ত ষ্টীমের উপস্থিতিতে 800 – 1000° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিয়া রন্ধ্ররোধকারী অশুদ্ধিগুলিকে দূরীভূত করা হয়।

(iii) **রাসায়নিক পদ্ধতি** (**Chemical process**) : এই পদ্ধতিতে কাঠকয়লা অথবা পিট কয়লা ম্যাগনেসিয়াম অথবা জিঙ্ক ক্লোরাইডের মত লবণ অথবা ফসফোরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া অন্তর্ধূমপাতন করা হয় এবং বিক্রিয়া শেষে প্রাপ্ত কাঠকয়লা হইতে দ্রাব্য অশুদ্ধিগুলি লঘু অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে ধুইয়া পরিষ্কার করা হয়।

চারকোলের পুনরুজ্জীবন (**Revivification of charcoal**) : সক্রিয় চারকোল এবং বোন বা ব্লাড চারকোল অন্যান্য চারকোল অপেক্ষা অধিক পরিমাণ গ্যাস অথবা জৈব রঞ্জক পদার্থ শোষণ করিতে পারে। কিন্তু শোষণ করিবার কাজে ব্যবহৃত হইলে ক্রমশ উহাদের সক্রিয়তা কমিয়া যায় এবং তখন উহাদের পুনরুজ্জীবিত করার প্রয়োজন হয়।

সক্রিয় চারকোল সক্রিয়তা হারাইলে উহাকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ফুটাইবার পর ধৌত করিয়া পুনরুজ্জীবিত করা হয় এবং প্রাণিজ চারকোলের ক্ষেত্রে উহাকে পুনরুজ্জীবিত করার জন্য বকযন্ত্রে উত্তপ্ত করা হয়।

চারকোলের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : চারকোল অনিয়তাকার কালো নরম পদার্থ। ইহা তাপ ও উত্তাপের কুপরিবাহী। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4 হইতে 1·9 পর্যন্ত হইলেও ইহার ভিতরকার অসংখ্য সূক্ষ্ম রন্ধ্র বায়ুপূর্ণ থাকে বলিয়া শুষ্ক অবস্থায় ইহা জলে ভাসে। উড চারকোল বা কাঠকয়লার গুণগত মান প্রস্তুতিকালে ব্যবহৃত কাঠের প্রকৃতি এবং অন্তর্ধূমপাতনের তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। বিভিন্ন প্রকারের চারকোল বিশেষত সক্রিয় চারকোল নিজের আয়তনের বহুগুণ পরিমাণ গ্যাস বহির্ধৃত করিয়া রাখিতে

পারে। [বহির্ধৃতি বা অধিশোষণ (Adsorption) সাধারণ শোষণ (Absorption) হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন প্রক্রিয়া। সাধারণ শোষণে শোষিত পদার্থটি শোষক পদার্থের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া একটি সমসত্ত্ব দ্রবণ উৎপন্ন করে। কিন্তু অধিশোষণ একটি বহিস্তল ভিত্তিক প্রক্রিয়া। এই প্রক্রিয়ায় শোষিত গ্যাস অধিশোষকের শুধুমাত্র বহিস্তলে অধিশোষিত হইয়া অবস্থান করে। বহির্ধৃত গ্যাস রাসায়নিকভাবে অনেক বেশি সক্রিয়। উত্তপ্ত করিলে অধিশোষক বহির্ধৃত গ্যাসকে পরিত্যাগ করে।] বোন চারকোল, ব্লাড চারকোল বা সক্রিয় চারকোল বর্ণ, গন্ধ বা স্বাদদায়ী অনেক জটিল জৈব যৌগ অধিশোষণ করিতে পারে।

চারকোলের লক্ষণীয় বিজারণ ক্ষমতা বর্তমান। ইহার রাসায়নিক ধর্ম কার্বনের রাসায়নিক ধর্ম প্রসঙ্গে আলোচনা করা হইবে।

চারকোলের ব্যবহার : কাঠকয়লা জ্বালানী হিসাবে, বিভিন্ন শিল্পে বিজারক হিসাবে এবং বারুদ প্রস্তুতিতে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ফিল্টার বেডে পরিস্রাবণ মাধ্যম হিসাবে এবং পরীক্ষাগারে চারকোল বিজারণ পরীক্ষার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়। সক্রিয় কার্বনকে দূষিত গ্যাসের শোষক হিসাবে এবং গ্যাস মুখোস প্রস্তুতিতে কাজে লাগানো হয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পৃথকীকরণ পদ্ধতিতে এবং অনেক রাসায়নিক শিল্পে অনুঘটক হিসাবে নারিকেল মালা হইতে প্রস্তুত সক্রিয় চারকোলের মত কয়েক প্রকার অতি সক্রিয় চারকোল ব্যবহার করা হয়। বোন চারকোল, ব্লাড চারকোল ও সক্রিয় চারকোলকে চিনি বিরঞ্জিত করিতে এবং আইভরি ব্ল্যাককে কালো রঞ্জক পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

ল্যাম্প্ ব্ল্যাক (Lamp black) বা ভুসাকালি : বিভিন্ন প্রকার খনিজ ও উদ্ভিজ্জ তৈল, চর্বি, রজন ইত্যাদিকে স্বল্প পরিমাণ বায়ুর উপস্থিতিতে দহন করিলে জৈব অণুর শুধুমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি জারিত হয় কিন্তু উহার কার্বন কাঠামো অজারিত থাকিয়া যায়। সূক্ষ্ম চূর্ণের আকারে সংগৃহীত এই অজারিত কার্বনকে ল্যাম্প ব্ল্যাক বা ভুসাকালি বলে। ইহাকে ছাপার কালি, জুতার কালি, কালো তেলরঙ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে এবং রবার শিল্পে ফিলার (Filler) হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

কার্বন ব্ল্যাক (Carbon black) : অপ্রতুল বায়ুর উপস্থিতিতে প্রাকৃতিক গ্যাস (Natural gas) দহন করিয়া উৎপন্ন সূক্ষ্ম কার্বন চূর্ণকে শীতল ধাতব পাতের উপর সঞ্চিত হইবার সুযোগ দিলে কার্বন ব্ল্যাক উৎপন্ন হয়। প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যে প্রধানত মিথেন থাকে এবং সম্ভবত এই এক কার্বন পরমাণুক হাইড্রোকার্বন অণুর দহনের ফলে সূক্ষ্মতম কার্বনচূর্ণ উৎপন্ন হয়। তাই পিগমেন্ট বা ফিলার হিসাবে ইহা ল্যাম্প ব্ল্যাক অপেক্ষা উন্নততর মানের। রবারে কার্বন ব্ল্যাক ফিলার হিসাবে ব্যবহৃত হইলে রবারের অনেক ভৌতধর্ম বহুগুণ উন্নত হয় এবং তাই ইহাকে বলবর্ধক ফিলার (Reinforcing filler) বলে। ল্যাম্প ব্ল্যাকের ব্যবহারের ক্ষেত্রগুলিতে কার্বন ব্ল্যাকও ব্যবহৃত হয়।

কোক (Coke) : প্রাকৃতিক কয়লাকে অন্তর্ধূমপাতন করিলে বকযন্ত্রে যে

অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহাই কোক। ইহার মধ্যে কার্বন ব্যতীত অজৈব খনিজ পদার্থও উপস্থিত থাকে। অন্তর্ধূম পাতনকালে ব্যবহৃত তাপমাত্রার উপর কোকের প্রকৃতি নির্ভর করে। উচ্চতর তাপমাত্রায় পাতনের ফলে 'হার্ডকোক' এবং মধ্যম তাপমাত্রায় পাতিত করিলে 'সফ্ট কোক' উৎপন্ন হয়। ইহা সচ্ছিদ্র এবং তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী। কোককে জ্বালানী হিসাবে এবং ধাতু নিষ্কাশন কালে বিজারক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

গ্যাস কার্বন (Gas carbon) : কয়লার অন্তর্ধূমপাতনকালে বকযন্ত্রের উত্তপ্ত অংশে মিথেনের তাপ বিয়োজনের ফলে ইহা উৎপন্ন হয়। ধূসর কৃষ্ণবর্ণ, কঠিন এই পদার্থটির মধ্যে কার্বন প্রায় বিশুদ্ধাবস্থায় উপস্থিত থাকে। ইহা তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা কার্বনের অন্যান্য অনিয়তাকার রূপভেদ অপেক্ষা অনেক কম। তড়িৎদ্বার নির্মাণের জন্য ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

কয়লা (Coal) : লক্ষ লক্ষ বৎসর পূর্বে পৃথিবীর বুকে যে-গভীর অরণ্যানী প্রাকৃতিক বিপর্যয়ের ফলে মাটির নীচে চাপা পড়িয়া গিয়াছিল তাহাই কালক্রমে বায়ুর অবর্তমানে ভূগর্ভস্থিত প্রচণ্ড চাপ ও তাপের ফলে এবং জীবাণুর প্রভাবে পরিবর্তিত হইয়া বর্তমান যুগের কয়লায় পরিণত হইয়াছে। সময়ের সঙ্গে সঙ্গে কয়লার প্রকৃতির পরিবর্তন ঘটিয়াছে। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত কমিয়া যাইয়া কার্বনের অনুপাত বাড়িয়াছে এবং কয়লা ধাপে ধাপে পিট, লিগ্নাইট (বা বাদামী কয়লা), বিটুমিনাস ও শেষ পর্যন্ত অ্যানথ্রাসাইট কয়লায় পরিবর্তিত হইয়াছে। অবশ্য সব উদ্ভিদই রূপান্তরের সবকয়টি স্তর অতিক্রম করিয়া অ্যানথ্রাসাইট কয়লায় রূপান্তরিত হইয়া যায় নাই এবং তাই আমরা উপরি-উক্ত চার প্রকার কয়লার খনিরই সাক্ষাৎ পাই। নিম্নে ক্রমবিবর্তনের বিভিন্ন পর্যায়ে বিভিন্ন শ্রেণীর কয়লার তাপন মূল্য (Calorific value) এবং উহাদের মধ্যে উপস্থিত কার্বনের শতকরা পরিমাণ প্রদর্শিত হইল।

কয়লার নাম	কার্বনের শতকরা ভাগ গড়	তাপন মূল্য BTU/lb	অন্যান্য বিবরণ
(i) পিট (peet)	60%	9900	নিম্ন মান, জ্বালানী ক্ষমতা কম, বেশি ধোঁওয়া, বেশি ছাই, ব্যবহার কম।
(ii) লিগনাইট (lignite)	67%	11700	ঐ
(iii) বিটুমিনাস (bituminus)	88·4%	14950	উচ্চমান, জ্বালানী ক্ষমতা বেশি, মধ্যম ধোঁয়া, গৃহস্থালীতে এবং কোলগ্যাস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
(iv) অ্যানথ্রাসাইট(anthracite)	94·1%	15720	উচ্চমান, জ্বালানী ক্ষমতা বেশি, যৎসামান্য ধোঁয়া, ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়।

সাধারণ কয়লা অর্থাৎ বিটুমিনাস কয়লাকে আবার কেকিং (caking) এবং নন্-কেকিং (non-caking) এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। কেকিং শ্রেণীর কয়লা উত্তপ্ত করিলে নরম হইয়া পিণ্ডে পরিণত হয়। কিন্তু নন-কেকিং শ্রেণীর কয়লায় এইরূপ হয় না।



চিত্র 4.4 চারকোলের সরন্ধ্রতার প্রমাণ

পরীক্ষার সাহায্যে চারকোলের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ ঃ

(i) **চারকোলের সরন্ধ্রতার প্রমাণ :** একখণ্ড কাঠকয়লাকে একটি বায়ু নিষ্কাশন পাম্পের সহিত সংযুক্ত জলপূর্ণ কাচপাত্রে ছাড়িয়া দিলে ভাসিতে থাকে, কিন্তু বায়ু নিষ্কাশন পাম্প চালাইয়া পাত্রের ভিতরকার বায়ুচাপ কমাইয়া দিলে কাঠ-কয়লার রন্ধ্রের মধ্যে উপস্থিত বায়ু বাহির হইয়া যায় এবং কাঠকয়লা জল অপেক্ষা ভারী বলিয়া ডুবিয়া যায় (চিত্র 4.4)।

(ii) **চারকোলের গ্যাস শোষণ ক্ষমতার প্রমাণ ঃ** অ্যামোনিয়া গ্যাসপূর্ণ একটি একমুখ বন্ধ কাচনলকে মারকারি-পূর্ণ পাত্রের উপর উপুড় করিয়া ধরিয়া উহার মধ্যে পূর্বে উত্তাপের সাহায্যে রন্ধ্র হইতে বায়ু বাহির করা হইয়াছে এমন একটি কাঠকয়লার খণ্ডকে ঢুকাইয়া দিলে দেখা যায় যে, কাঠকয়লার খণ্ডটি অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিয়া লইতেছে এবং পাত্রের ভিতরকার মারকারি ধীরে ধীরে কাচনল বাহিয়া উপরে উঠিতেছে (চিত্র 4.5)।



চিত্র 4.5 চারকোলের গ্যাস শোষণ

(iii) **চারকোলের দুর্গন্ধ শোষণ ক্ষমতার প্রমাণ ঃ** একটি ফানেলের মধ্যে আটকানো ফিল্টার কাগজের মধ্যে কিছু সক্রিয় চারকোল চূর্ণ লইয়া ফানেলের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইডের দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করিলে সক্রিয় চারকোল দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণ করিয়া লইবে এবং পরিস্রুত জলের মধ্যে লেড নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে কোনও কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইবে না। (হাইড্রোজেন সালফাইড লেড লবণের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কালো লেড সালফাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।) এক্ষেত্রে চারকোল জল হইতে হাইড্রোজেন সালফাইডের পচা ডিমের দুর্গন্ধ দূর করিয়াছে।

(iv) **চারকোল-কর্তৃক কুস্বাদ দূরীকরণ :** পূর্বোক্ত পরীক্ষার অনুরূপ পরীক্ষায় কুইনাইন সালফেটযুক্ত একটি তিক্ত স্বাদের দ্রবণকে সক্রিয় চারকোলের ভিতর দিয়া

ফিল্টার করিলে দেখা যায় যে, চারকোল তিক্ত স্বাদ কুইনাইন সালফেটকে শোষণ করিয়া লইয়াছে এবং পরিস্রুত জলে আর তিক্ত স্বাদ নাই।

চারকোল-কর্তৃক বিরঞ্জন : পূর্বোক্ত পরীক্ষার অনুরূপ পরীক্ষায় লিটমাস দ্রবণ ব্যবহার করিলে দেখা যায় যে, সক্রিয় চারকোল দ্রবণ হইতে লিটমাসকে শোষণ করিয়া লইয়াছে এবং পরিস্রুত তরল সম্পূর্ণ বর্ণহীন।

(vi) চারকোলের বিজারক ধর্মের প্রমাণ : একটি দৃঢ়কাচ পরীক্ষানলের মধ্যে উত্তমরূপে মিশ্রিত কৃষ্ণবর্ণ কপার অক্সাইড ও চারকোল চূর্ণের মিশ্রণ লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে, চারকোল কালো কপার অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া লাল কপারে পরিণত করিয়াছে।

কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের ভৌত ধর্মের তুলনা

ধর্ম	নিয়তাকার		অনিয়তাকার		
	ডায়মণ্ড	গ্রাফাইট	চারকোল	ল্যাম্প ব্ল্যাক	গ্যাস কার্বন
1. বর্ণ এবং বহিরাকৃতি	বর্ণহীন, স্বচ্ছ উজ্জ্বল উচ্চ প্রতিসরাঙ্ক	ধূসর বা কালো, অস্বচ্ছ ধাতব ঔজ্জ্বল্য আছে	কালো, অস্বচ্ছ অনিয়তাকার	কালো, অস্বচ্ছ অনিয়তাকার	কালো, অস্বচ্ছ অনিয়তাকার
2. কাঠিন্য ও আপেক্ষিক গুরুত্ব	অত্যন্ত কঠিন আ.গু 3.5	খুব নরম, তেল-তেলে, কাগজে দাগ করে আ.গু 2.5	নরম ও সছিদ্র আ.গু 1·4-1·94	নরম চূর্ণ আ.গু 1·8	কঠিন আ.গু 2·35
3. তড়িতের পরিবাহিতা	কুপরিবাহী	সুপরিবাহী	কুপরিবাহী	কুপরিবাহী	সুপরিবাহী
4. উত্তাপের প্রভাব	তীব্রভাবে উত্তপ্ত হইলে গ্রাফাইটে পরিবর্তিত হয়।	পরিবর্তন হয় না।	গ্রাফাইটে পরিবর্তিত হয়	গ্রাফাইটে পরিবর্তিত হয়	গ্রাফাইটে পরিবর্তিত হয়

কার্বনের রাসায়নিক ধর্ম :

(i) **দহন :** বায়ু বা অক্সিজেন পরিমণ্ডলে উপযুক্ত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কার্বনের সকল রূপভেদই অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। তবে ভিন্ন ভিন্ন রূপভেদের ক্ষেত্রে বিক্রিয়া আরম্ভ করার জন্য প্রয়োজনীয় ন্যূনতম তাপমাত্রা বিভিন্ন। ময়সান পরীক্ষা করিয়া নিম্নরূপ ফলাফল লক্ষ্য করেন :

	ডায়মণ্ড	গ্রাফাইট	কাঠকয়লা
CO_2 উৎপত্তির প্রারম্ভিক তাপমাত্রা	720°C	570°C	200°C
প্রচুর পরিমাণ CO_2 উৎপত্তির তাপমাত্রা	790°C	600°C	—
শিখাসহ দহন আরম্ভের তাপমাত্রা	800 – 850°C	690°C	345°C

তবে অপ্রতুল অক্সিজেনে কার্বনকে দহন করিলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $C + O_2 = CO_2$; $2C + O_2 = 2CO$। ফ্লোরিন পরিমণ্ডলেও চারকোল স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া কার্বন টেট্রাফ্লোরাইড উৎপন্ন করে। $C + 2F_2 = CF_4$

(ii) **অধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** উপযুক্ত পরিবেশে কার্বন সরাসরি হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, সালফার ইত্যাদির সহিত যুক্ত হইতে পারে। হাইড্রোজেন পরিবেশে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, 1000° – 2000° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কার্বন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন উৎপন্ন করে।

$$C + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4$$

কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে কার্বন তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করিলে কার্বন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিটিলিনে পরিণত হয়।

$$2C + H_2 = C_2H_2$$

অনুরূপভাবে নাইট্রোজেন গ্যাসের মধ্যে কার্বন তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করিলে সায়ানোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। $2C + N_2 = (CN)_2$

850° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় সালফার বাষ্পের সহিত চারকোলের সরাসরি সংযোগ দ্বারা কার্বন ডাই-সালফাইড সংশ্লেষিত করা হয়। $C + 2S = CS_2$

(iii) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** কার্বন উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম, বেরিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া কার্বাইড গঠন করিতে পারে।

$Ca + 2C = CaC_2$, $4Al + 3C = Al_4C_3$; $3Fe + C = Fe_3C$

সকল কার্বাইডের ধর্ম একপ্রকার নহে। ক্যালসিয়াম কার্বাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড মিথেন।

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2 \text{ ;}$$
$$Al_4C_3 + 12H_2O = 4Al(OH)_3 + 3CH_4$$

আবার ভ্যানাডিয়াম, টাইটেনিয়াম ইত্যাদি কার্বাইডের গঠন সম্পূর্ণ ভিন্ন এবং ইহারা জল বা লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না।

ক্যালসিয়াম কার্বাইডের শিল্পোৎপাদন করার সময় অবশ্য পূর্বোল্লিখিত পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম ধাতু ও কার্বনের মধ্যে সরাসরি সংযোগ ঘটানো হয় না। পাথুরে চুন ও কোকের 3 : 2 ওজন অনুপাতের মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ চালনা করিয়া 2000 – 2200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা উৎপন্ন করা হয়। $CaO + 3C = CaC_2 + CO$

অধাতু সিলিকনের কার্বাইডকেও অনুরূপ পদ্ধতিতে শিল্পোৎপাদন করা হয়। এক্ষেত্রে বালি ও কোকচূর্ণের 5 : 3 অনুপাতে মিশ্রিত মিশ্রণকে তড়িৎচুল্লীতে 1500° – 2200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। $SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$, উৎপন্ন অত্যুচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট সিলিকন কার্বাইড বা কার্বোরাণ্ডামকে চুল্লীর অগ্নিসহ আস্তরণ গড়ার জন্য ব্যবহার করা হয়।

(iv) **বিজারণ বিক্রিয়া :** কার্বন উত্তম বিজারক। বিজারক হিসাবে বিভিন্ন শিল্পে বিশেষত ধাতু নিষ্কাশনে ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন ধাতব অক্সাইডকে কার্বনের দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতুকে মুক্ত করা হয়। যেমন,

$ZnO + C = Zn + CO$; $PbO + C = Pb + CO$; $SnO_2 + 2C = Sn + 2CO$

কার্বন উত্তপ্ত ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে

এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে।

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

লোহিত তপ্ত কোকের ভিতর দিয়া নিয়ন্ত্রিত পরিমাণ বায়ু চালিত করিলে কার্বন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে এবং এইরূপে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণকে **প্রডিউসার গ্যাস** নামে বিভিন্ন শিল্পে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করা হয়। $2C + O_2[+N_2] = 2CO[+N_2]$ প্রডিউসার গ্যাস

আবার শ্বেততপ্ত কোকের মধ্য দিয়া স্টীম চালনা করা হইলে হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের যে-মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে **ওয়াটার গ্যাস** নামে বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহার করা হয়। $C + H_2O = CO + H_2$

সোডিয়াম সালফেটের সহিত কার্বনকে মিশ্রিত করিয়া উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম সালফেট বিজারিত হইয়া সোডিয়াম সালফাইডে পরিণত হয়।

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$

কাপড় কাচা সোডা উৎপাদনের পুরাতন লেব্লাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম সালফেট কোকচূর্ণ ও চুনাপাথর বা ক্যালসিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করা হইত।

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO \; ; \; Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$$

কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের মধ্যে একই মৌল উপস্থিত আছে তাহার প্রমাণঃ বিশুদ্ধ অবস্থায় কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের প্রত্যেকটির একই নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন লইয়া পৃথকভাবে অক্সিজেনে দহন করিলে এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে পূর্ব নির্ণীত ওজনের কষ্টিক পটাস বাল্‌বের মধ্যে শোষণ করিলে দেখা যায় যে, প্রতি ক্ষেত্রেই কষ্টিক পটাস বাল্‌বের একই পরিমাণ ওজন বৃদ্ধি হইয়াছে অর্থাৎ প্রতি ক্ষেত্রেই একই ওজনের কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে। সুতরাং প্রত্যেকটি নমুনার মধ্যে নিশ্চয়ই একই কার্বন মৌল উপস্থিত ছিল।

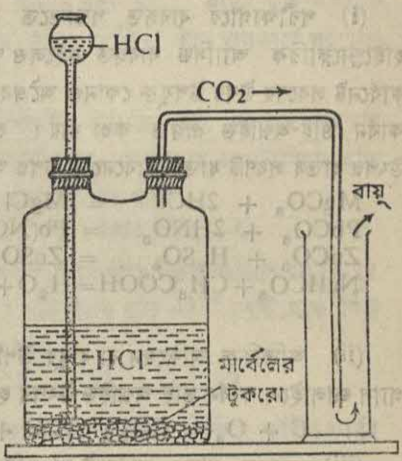
কার্বন ডাই-অক্সাইড

আণবিক সঙ্কেত CO_2 আণবিক গুরুত্ব 44 বাষ্পীয় ঘনত্ব 22

1630 খ্রীস্টাব্দে হেলমণ্ট প্রথম কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করেন। ব্লাক 1775 খ্রীস্টাব্দে এই গ্যাস পরীক্ষা করিয়া নাম দেন 'আবদ্ধ বায়ু' (fixed air) এবং 1774 খ্রীস্টাব্দে বার্গম্যান ইহার অ্যাসিড ধর্ম পর্যবেক্ষণ করেন। ল্যাভয়সিয়র 1783 খ্রীস্টাব্দে প্রমাণ করেন যে, ইহা কার্বনের অক্সাইড এবং ইহার সংযুতি নির্ণয় করিয়া নাম দেন কার্বনিক অ্যাসিড গ্যাস।

কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি :

(ক) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : পরীক্ষাগারে সাধারণত মার্বেল পাথরের বা চুনাপাথরের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সাধারণ তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। দীর্ঘনল ফানেল ও বক্র নির্গম-নলযুক্ত একটি উল্ফ্ বোতলে মার্বেল পাথরের টুকরা লইয়া সামান্য জল ঢালিয়া দীর্ঘনল ফানেলের প্রান্তকে জলের তলের নীচে ডোবানো হয়। অতঃপর বক্র নির্গম-নলের উন্মুক্ত প্রান্তের নীচে একটি খালি গ্যাসজার স্থাপন করিয়া দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে উল্ফ্ বোতলের মধ্যে ধীরে ধীরে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয় (চিত্র 4.6)। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালার সঙ্গে সঙ্গে উল্ফ্ বোতলের মধ্যে বুদ্‌বুদ্ আকারে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইতে আরম্ভ করে এবং উল্ফ্ বোতলের ভিতরকার বায়ু উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড স্রোতের সহিত বাহির হইয়া যাইবার পর নির্গম-নলের নীচে স্থাপিত গ্যাসজারের মধ্যে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসরণ দ্বারা সংগৃহীত হয়। $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$



চিত্র 4.6 কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

এইভাবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডে সামান্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে এবং উহাকে পর্যায়ক্রমে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া, মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারা বিশুদ্ধ অনার্দ্র গ্যাস হিসাবেও সংগ্রহ করা যায়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জলীয় বাষ্প দূরীভূত করে।

কিপ্ যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি : বিকারকের অনর্থক অপচয় না করিয়া নিয়মিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সরবরাহ অব্যাহত রাখার প্রয়োজন হইলে, হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে উল্লিখিত কিপ্ যন্ত্রকে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির জন্যও ব্যবহার করা চলে। অনুরূপ ক্ষেত্রে মধ্য গোলকে মার্বেল পাথরের টুকরা স্থাপন করিয়া উপরের গোলকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ ঢালা হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : উপরি-উক্ত প্রস্তুতিতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা চলে না। কারণ সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে অতি সামান্য দ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট লবণ উৎপন্ন হইয়া মার্বেল

পাথরের গায়ে একটি আস্তরণ সৃষ্টি করে। ফলে অ্যাসিড ও মার্বেল পাথরের মধ্যে সংযোগ নষ্ট হইয়া বিক্রিয়া বন্ধ হয়। $H_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$

(খ) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী :

(i) পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত পদ্ধতিতে সাধারণত ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলেও অন্য কোনও ধাতুর কার্বনেট অথবা বাই-কার্বনেট লবণের উপর উপযুক্ত কোনও অজৈব বা জৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাহায্যেও কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়। শুধু লক্ষ্য রাখিতে হয় যেন বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন ধাতব লবণটি ধাতব কার্বনেটের উপর অদ্রাব্য আস্তরণ সৃষ্টি না করে।

$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$
$$ZnCO_3 + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O + CO_2$$
$$NaHCO_3 + CH_3COOH = H_2O + CO_2 + \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa}$$

(ii) অতিরিক্ত অক্সিজেন বা বায়ুর উপস্থিতিতে কার্বন অথবা কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস জ্বালাইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$C + O_2 = CO_2 ; \quad 2CO + O_2 = 2CO_2$$

(iii) অনেক ধাতব কার্বনেট বা বাই-কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $CaCO_3 \overset{1100°C}{=} CaO + CO_2$; $MgCO_3 = MgO + CO_2$

$$ZnCO_3 = ZnO + CO_2 ; \quad 2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে প্রাপ্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেট হইতে প্রাপ্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড হিসাবে পরীক্ষাগারের প্রয়োজনে ব্যবহার করা হয়।

(iv) বশ্ পদ্ধতিতে স্টীম হইতে হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদনের সময় উপজাত সামগ্রী হিসাবে প্রচুর পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$C + \underset{\text{স্টীম}}{H_2O} \overset{1200°C}{=} \underset{\text{ওয়াটার গ্যাস}}{CO + H_2} ; \quad \underset{\text{ওয়াটার গ্যাস}}{CO + H_2} + \underset{\text{স্টীম}}{H_2O} \underset{Fe_2O_3, Cr_2O_3}{\overset{350°\text{-}450°C}{=}} CO_2 + 2H_2$$

(v) শর্করা হইতে সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতকালেও উপজাত সামগ্রী হিসাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{ঈস্ট}]{} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(vi) সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার নিষ্কাশন পদ্ধতিতেও কার্বন ডাই-অক্সাইড উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়। $SO_2 + C \overset{1100°C}{=} S + CO_2$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : ইহা বর্ণহীন প্রায় গন্ধহীন (বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইডের অতি মৃদু ঝাঁঝালো গন্ধ আছে) সামান্য অম্ল স্বাদযুক্ত বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। 31°

সেন্টিগ্রেডের নিম্নে চাপবৃদ্ধি করিলে ইহা তরলে পরিণত হয়। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রমাণ চাপে তরল অবস্থায় থাকিতে পারে না, আংশিক বাষ্পীভূত হইয়া কঠিনে পরিণত হয়। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া সরাসরি গ্যাসে পরিণত হয় বলিয়া উহাকে শুষ্ক বরফ (dry ice) বলা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য, অ্যালকোহলে ইহার দ্রাব্যতা আরও বেশি। ইহা শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না, তবে ইহার বিষক্রিয়া নাই।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নয় এবং সাধারণ অবস্থায় দহনের সহায়কও নয়। তবে জলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতু কালো কার্বন চূর্ণ উৎপন্ন করিয়া এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলিতে থাকে।

$2Mg+O_2=2MgO+C$; $4Na+3CO_2=2Na_2CO_3+C$

কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের পরিমণ্ডলে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম ধাতু কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং পটাসিয়াম ধাতু 235° সেন্টিগ্রেডে কিছু পরিমাণ (17%) পটাসিয়াম অক্সালেটও উৎপন্ন করে।

$2Na+2CO_2=Na_2CO_3+CO$; $2K+2CO_2=K_2C_2O_4$

(ii) লোহিততপ্ত আয়রন, জিঙ্ক অথবা কার্বন চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়।

$CO_2+Fe=FeO+CO$; $Zn+CO_2=ZnO+CO$; $C+CO_2=2CO$

(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড সুস্থিত যৌগ কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়। $CO_2 \rightleftharpoons 2CO+O_2$

(iv) ইহা আম্লিক অক্সাইড। বিভিন্ন ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া ইহা লবণ গঠন করে। $Na_2O+CO_2=Na_2CO_3$; $CaO+CO_2=CaCO_3$

জলে দ্রবীভূত হইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড অতি দুর্বল কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $CO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$

ক্ষারীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে বাই-কার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়।
$2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$; $Na_2CO_3+CO_2+H_2O=2NaHCO_3$

অনুরূপভাবে স্বচ্ছ চুনের জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত হইলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটের উৎপত্তির ফলে চুনের জল ঘোলা হইয়া উঠে কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত হইলে অদ্রাব্য ক্যালসিযাম কার্বনেট দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয় এবং চুনের জল পুনরায় স্বচ্ছ হইয়া যায়।

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3\downarrow+H_2O$$

$$CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$$

(v) উদ্ভিদের সবুজকণা বা ক্লোরোফিলের সাহায্যে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া শর্করা-জাতীয় পদার্থ ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই প্রক্রিয়াকে সালোকসংশ্লেষ বলে।

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{আলোক}} CH_2O + O_2$$
ফরম্যালডিহাইড

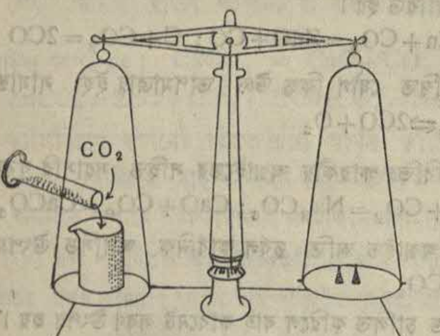
$$6CH_2O = C_6H_{12}O_6 \text{ (গ্লুকোজ)}$$

পরীক্ষার সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের কতিপয় ধর্মের প্রমাণঃ

(i) **কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্যও নয়, দহনের সহায়কও নয়ঃ** একটি CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত শলাকা ঢুকাইলে শলাকাটি তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যায় এবং গ্যাসটিও জ্বলে না।

(ii) **কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে প্রজ্বলিত ম্যাগনেসিয়াম তার জ্বলিতে থাকেঃ** একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার প্রবেশ করাইলে ম্যাগনেসিয়াম তার জ্বলিতে থাকিবে এবং দহনের ফলে গ্যাসজারের গায়ে কালো কার্বন চূর্ণের আবির্ভাব ঘটিবে। দহনশেষে গ্যাসজারে লঘু HCl দ্রবণ মিশাইয়া ঝাঁকাইলে উৎপন্ন MgO দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং দ্রবণের উপর কালো কার্বনের চূর্ণ ভাসিতে দেখা যাইবে। $2Mg + CO_2 = 2MgO + C$

(iii) **কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারীঃ** একটি তুলাদণ্ডের একটি পাল্লায় একটি খালি অর্থাৎ বায়ুপূর্ণ বীকার বসাইয়া অন্য পাল্লায় ওজন দিয়া তুলাদণ্ডটিকে সাম্যাবস্থায় আনিলে এবং অতঃপর বীকারের উপর একটি CO_2 পূর্ণ গ্যাসজার কাত করিয়া ধরিলে দেখা যাইবে যে, বীকারের দিকের পাল্লাটি নীচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়িয়াছে। CO_2 বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া কাত-করা গ্যাসজার হইতে বীকারে আসিয়া সঞ্চিত হইবে এবং পাল্লাটিকে নীচে ঝুঁকাইয়া দিবে (চিত্র 4.7)।



চিত্র 4.7 বায়ু অপেক্ষা ভারী প্রদর্শন

(iv) **ইহা আগুন নিভায়ঃ** একটি পোর্সেলিন মুচির মধ্যে অল্প বেঞ্জিন ঢালিয়া প্রজ্বলিত করার পর উহার উপর একটি CO_2 পূর্ণ গ্যাসজার কাত করিয়া ধরিলে, গ্যাসজার হইতে CO_2 গ্যাস নামিয়া মুচিটিকে পূর্ণ করিবে এবং বেঞ্জিনের আগুনও তৎক্ষণাৎ নির্বাপিত হইবে।

(v) **ইহা জলে দ্রবণীয়ঃ** একটি CO_2 পূর্ণ পরীক্ষানলকে একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে উপুড় করিয়া ডুবাইলে CO_2 জলে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইবে এবং শূন্যস্থান পূরণ করার জন্য জল উঠিয়া সম্পূর্ণ পরীক্ষানলটিকে পরিপূর্ণ করিবে।

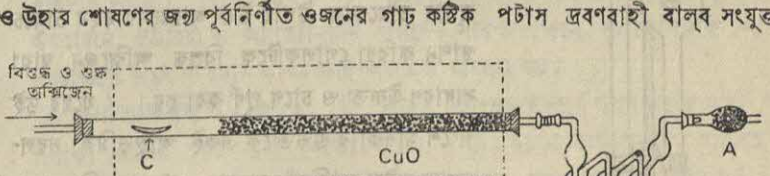
(vi) **কার্বন ডাই-অক্সাইড চুনের জলকে ঘোলা করিয়া পরে আবার স্বচ্ছ করেঃ** একটি বীকারে চুনের জল লইয়া উহার মধ্যে CO_2-এর স্রোত পরিচালনা করিলে দেখা যাইবে যে, চুনের জল প্রথমে অদ্রাব্য $CaCO_3$ উৎপত্তির

জন্য ঘোলা হইয়া যাইবে কিন্তু কিছুক্ষণ পরে উৎপন্ন $CaCO_3$ অতিরিক্ত CO_2-এর সহিত জলের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করিয়া দ্রাব্য $Ca(HCO_3)_2$-এ পরিণত হইবে এবং তরলটি পুনরায় স্বচ্ছ হইয়া উঠিবে। $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$; $CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$

(vii) **কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে কার্বন আছে :** কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ একটি গ্যাসজারের মধ্যে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার প্রবেশ করাইলে ম্যাগনেসিয়াম তার জ্বলিতে থাকিবে এবং দহনশেষে গ্যাসজারে মধ্যে লঘু HCl যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে দ্রবণের উপর কালো রঙের চূর্ণ ভাসিতে দেখা যাইবে। এই কালো রঙের চূর্ণকে শুষ্ক করিয়া বায়ুতে দহন করিলে যে-গ্যাস উৎপন্ন হইবে, দেখা যাইবে যে, সেই গ্যাস চুনের জল ঘোলা করিতেছে। সুতরাং উক্ত কালো রঙের চূর্ণ কার্বন ব্যতীত আর কিছুই নহে এবং উহা কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে উহার অন্যতম উপাদান হিসাবে উপস্থিত ছিল।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংযুতি ও আণবিক সঙ্কেত ঃ

(i) **ওজনমাত্রিক সংযুতি (Gravimetric composition) :** একটি পোর্সেলিন নৌকার মধ্যে 1 গ্রামের কাছাকাছি বিশুদ্ধ সুগার চারকোল সূক্ষ্মভাবে ওজন করিয়া লওয়া হয় এবং CuO দ্বারা অর্ধপূর্ণ দহননলের (C) মধ্যে স্থাপন করিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। দহননলের পোর্সেলিন নৌকার সন্নিহিত প্রান্তে বিশুদ্ধ O_2-এর প্রবেশের জন্য প্রবেশনল এবং অন্য প্রান্তে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের নির্গমের জন্য নির্গম-নল ও উহার শোষণের জন্য পূর্বনির্ণীত ওজনের গাঢ় কষ্টিক পটাস দ্রবণবাহী বাল্ব সংযুক্ত



চিত্র 4.8 CO_2-এর ওজনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়

থাকে। দহননলের মধ্যে O_2 ধীরে ধীরে চালিত হইলে উহা কার্বনকে জারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে। যদি অসম্পূর্ণ দহনের জন্য কিছু কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়ও, উহা উত্তপ্ত CuO দ্বারা জারিত হইয়া শেষ পর্যন্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড KOH বাল্বে শোষিত হইয়া উহার ওজন বৃদ্ধি করে। সুতরাং পরীক্ষাশেষে KOH বাল্বের ওজন নির্ণয় করিলে উহার ওজন বৃদ্ধির পরিমাপ দ্বারা উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ পাওয়া যায় (চিত্র 4.8)।

ধরা যাক, পোর্সেলিন নৌকায় লওয়া কার্বনের ওজন $= W_1$ গ্রাম এবং KOH বাল্বের ওজনবৃদ্ধি অর্থাৎ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডে উপস্থিত O_2-এর পরিমাণ $= W_2 - W_1$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের শতকরা ভাগ $\dfrac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100$

এবং কার্বনের শতকরা ভাগ $\frac{W_1}{W_2} \times 100$

ভালোভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে উপস্থিত কার্বনের শতকরা ভাগ 27·27% এবং অক্সিজেনের 72·73%।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর মধ্যে, $\frac{\text{উপস্থিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{উপস্থিত অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা}}$

$$= \frac{27 \cdot 27/12}{72 \cdot 73/16} = \frac{1}{2}$$

ধরা যাক, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত $(CO_2)_x$

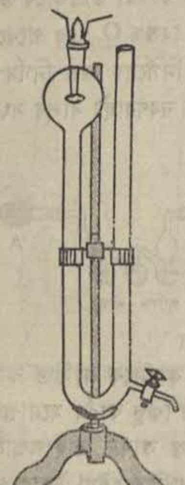
আবার যেহেতু পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্যাসীয় ঘনত্ব $= 22$

∴ ইহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$

অতএব $(12 + 2 \times 16)x = 44$ বা $44x = 44$ ∴ $x = 1$

অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত CO_2

(ii) **আয়তনমাত্রিক সংযুতি :** চিত্র 4.9 অনুযায়ী একটি তড়িৎ-দ্বার ও দহন চামচ-সংবলিত কাচের ছিপি দ্বারা বন্ধ ও মারকারিবাহী U-নলের সহিত একীভূত গোলকের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়। এজন্য বিশুদ্ধ সুগার চারকোল উপরি-উক্ত আয়রনের দহন চামচে স্থাপন করিয়া গোলকটিকে বিশুদ্ধ অক্সিজেন দ্বারা সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে পূর্ণ করা হয়। (যন্ত্রের দুই অংশে মারকারি উচ্চতাকে একই আনুভূমিক সরল-রেখায় লইয়া আসিলে বুঝা যায়, গোলকের ভিতরকার চাপ সাধারণ বায়ুচাপের সমান হইয়াছে।) অতঃপর গোলকের ছিপি সংযুক্ত তড়িৎ-দ্বার দুইটির মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালিত হইলে, চামচের উপরে স্থাপিত চারকোল, সংলগ্ন উত্তাপ সৃষ্টিকারী কুণ্ডলীর প্রভাবে জ্বলিয়া উঠে। দহনশেষে যন্ত্রটিকে সাধারণ তাপমাত্রায় শীতল করিলে দেখা যায় যে, যন্ত্রের উভয় অংশের মারকারি একই উচ্চতায় স্থির হইয়া আছে।



চিত্র 4.9 CO_2-এর আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়

সুতরাং প্রমাণিত হয় যে, অক্সিজেন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইলে কোনও আয়তন পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সম-আয়তন অক্সিজেন থাকে।

∴ Vml কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে একই উষ্ণতা ও চাপে Vml অক্সিজেন থাকে।

ধরা যাক, পরীক্ষাধীন উষ্ণতা ও চাপে Vml যে-কোনও গ্যাসের মধ্যে n সংখ্যক অণু আছে। (অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প)

অতএব n অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে n অণু অক্সিজেন আছে

অর্থাৎ 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে 1 অণু বা 2 পরমাণু অক্সিজেন আছে।

($\because$ অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক)

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত C_xO_2 ধরা যায়।

এখন যেহেতু কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে. উহার মান 22, স্তুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $2 \times 22 = 44$। অতএব $12 \times x + 16 \times 2 = 44$ বা $x = 1$ অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইডের সত্যকার আণবিক সঙ্কেত CO_2।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন নিম্নরূপ :

$$O = C = O \qquad \overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}} \; {}^{\circ\times}_{\circ\times} \; C \; {}^{\times\circ}_{\times\circ} \; \overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{O}}$$

ব্যবহার : উচ্চচাপে জলে দ্রবীভূত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সোডা ওয়াটার ও লেমনেড প্রস্তুত করার উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয়। কঠিন অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শীতলীকরণের জন্য এবং তরল অবস্থায় ইস্পাত যন্ত্রাংশকে শক্ত করার জন্য ব্যবহার করা হয়। অগ্নিকাণ্ড নিবারণের জন্য অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ইহার ব্যাপক ব্যবহার আছে। বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে, যেমন সলভে পদ্ধতিতে কাপড় কাচা সোডা উৎপাদনে, ইউরিয়া ও অ্যামোনিয়াম সালফেট সার-উৎপাদনে. স্যালিসিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে জলন্ত শলাকা প্রবিষ্ট হইলে উহা নিভিয়া যায়। (ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে জলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার জলিতে থাকে এবং দহনের ফলে কালো কার্বন চূর্ণ উৎপন্ন হয়। (iii) স্বচ্ছ চুনের জলের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করিলে চুনের জল ঘোলা হইয়া যায় কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত হইবার পর তরলটির স্বচ্ছতা আবার ফিরিয়া আসে।

কার্বনিক অ্যাসিড H_2CO_3

15° সেন্টিগ্রেডে কার্বন ডাই-অক্সাইড সম-আয়তন জলে দ্রবীভূত হয়। চাপ বৃদ্ধি করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের দ্রাব্যতাও বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয় কিন্তু 15° সেন্টিগ্রেডে প্রমাণ বায়ুচাপের 4 গুণের অধিক চাপ বৃদ্ধি করিলে দ্রাব্যতা বৃদ্ধির হার কমিতে থাকে। চাপ হ্রাস করিলে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের একাংশ জল ফেনায়িত করিয়া নির্গত হয়, কিন্তু জল কিছু পরিমাণে অতিপৃক্ত থাকিয়া যায়। স্ফুটন হইলে উহার ফলে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সবটুকু বাহির হইয়া যায়। জলের উপস্থিতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে $6\frac{1}{2}$ বায়ুচাপে সঙ্কুচিত করিবার পর প্রসারিত হইবার সুযোগ দিলে $CO_2, 6H_2O$ কেলাস উৎপন্ন হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ সামান্য অম্ল স্বাদযুক্ত এবং উহা নীল লিটমাস দ্রবণকে মদের রঙের মত যৎসামান্য লালাভ করে। (অবশ্য উচ্চচাপে জলে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড নীল লিটমাসের রঙকে উজ্জ্বল লাল রঙে পরিণত করে।) সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ অতি দুর্বল অ্যাসিড। দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের অতি ক্ষুদ্র এক ভগ্নাংশ জলের সহিত রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হইয়া কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $H_2O + CO_2 = H_2CO_3$

$$H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^- \; ; \; HCO_3^- = H^+ + CO_3^=$$

দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সবটুকু জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বনিক অ্যাসিডে (HO.CO.OH) পরিণত হইলে ইহার অ্যাসিড-ধর্ম ফরমিক অ্যাসিড H.CO.OH অপেক্ষা অধিক হইত, কারণ কার্বনিল মূলকের সহিত একটি অতিরিক্ত হাইড্রক্সিল মূলকের সংযুক্তির ফলে অ্যাসিড ধর্ম বর্ধিত হওয়াই উচিত ছিল। বাস্তবে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের মাত্র 1% কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয় বলিয়া কার্বনিক অ্যাসিডকে ফরমিক অ্যাসিড অপেক্ষা অনেক দুর্বল বিবেচনা করা হয়। কিন্তু জলীয় দ্রবণে উপস্থিত সমগ্র কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত অংশের উপর ভিত্তি করিয়া হিসাব করিলে দেখা যাইত যে, কার্বনিক অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিড অপেক্ষা প্রায় দ্বিগুণ শক্তিশালী।

কার্বনিক অ্যাসিড দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড হইবার জন্য ইহার দুই শ্রেণীর লবণ, পূর্ণ-লবণ ও বাই-লবণ বা অ্যাসিড লবণ দেখিতে পাওয়া যায়।

$H_2CO_3 + 2NaOH = 2H_2O + Na_2CO_3$ (পূর্ণ বা নর্ম্যাল লবণ)

$H_2CO_3 + NaOH = H_2O + NaHCO_3$ (অ্যাসিড লবণ)

কিন্তু জলীয় দ্রবণে এই দুই প্রকার লবণই আদ্র্র বিশ্লেষিত হইয়া উপরে প্রদর্শিত বিক্রিয়ার বিপরীতমুখী বিক্রিয়া ঘটায় ও কার্বনিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড কার্বনিক অ্যাসিডের তুলনায় অনেক বেশি শক্তিশালী হওয়ায় জলীয় দ্রবণটি ক্ষারীয় ধর্ম প্রদর্শন করে।

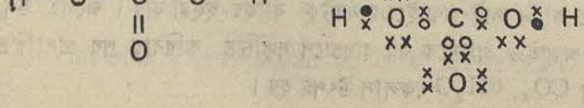
$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + 2NaOH$$

$$H_2O + NaHCO_3 \rightleftharpoons NaOH + H_2CO_3$$

অর্থোকার্বনিক অ্যাসিড $C(OH)_4$ অজ্ঞাত। কিন্তু এই কাল্পনিক অ্যাসিডের অনেক জৈব এস্টার দেখিতে পাওয়া যায়।

ম্যাগনেসিয়াম পারদ সংকরের উপস্থিতিতে জলের মধ্য দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বুদ্বুদ্ চালিত হইলে, উৎপন্ন কার্বনিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $H_2CO_3 + 4H = H.CO.OH$ (ফরমিক অ্যাসিড) $+ 2H_2O$

কার্বনিক অ্যাসিডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন :



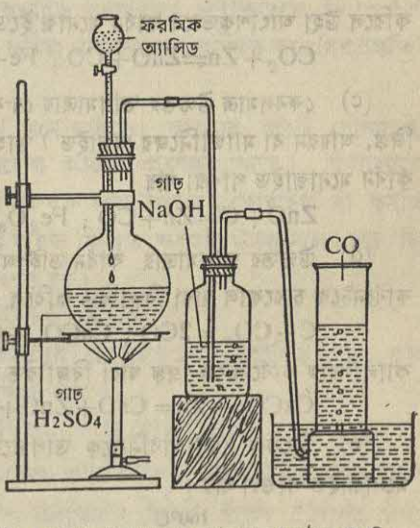
কার্বন মনোক্সাইড

আণবিক সঙ্কেত CO আণবিক গুরুত্ব 28 বাষ্পীয় ঘনত্ব 14

1772 খ্রীস্টাব্দে প্রীস্টলে এবং 1776 খ্রীস্টাব্দে ল্যাসন এই দাহ্য গ্যাসের অস্তিত্বের কথা ঘোষণা করেন এবং ক্লিমেন্ট ও ডেসর্মেস 1801 খ্রীস্টাব্দে সঠিকভাবে ইহার সংযুতি নির্ণয় করেন। আগ্নেয়গিরি-নিঃসৃত গ্যাসের মধ্যে ইহা সামান্য পরিমাণে উপস্থিত থাকে এবং অপ্রতুল বায়ু সরবরাহের ফলে কাঠকয়লা বা কয়লা দহনের সময় উৎপন্ন হয়।

কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি :

(i) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া নির্গম-নলটিকে একটি কস্টিক সোডা দ্রবণ-পূর্ণ প্রক্ষালন বোতলের সহিত সংযুক্ত করা হয় এবং প্রক্ষালন বোতলের নির্গম-নলটিকে একটি জলপূর্ণ গ্যাস-দ্রোণীর মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয় (চিত্র 4.10)। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে মৃদু উত্তপ্ত (100°C) করিয়া বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে উহার মধ্যে বিন্দু বিন্দু ফরমিক অ্যাসিড যোগ করিলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হইবে। প্রক্ষালন বোতলে সম্ভাব্য অশুদ্ধি হইতে মুক্ত হইবার পর উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে বুদ্বুদ আকারে বাহির হইতে থাকিবে এবং গ্যাসদ্রোণীর উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া ধরিলে তাহার মধ্যে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগৃহীত হইবে।



চিত্র 4.10 পরীক্ষাগারে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি

$$HCOOH + [H_2SO_4] = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

বিশেষ দ্রষ্টব্য : প্রস্তুতিকালে কার্বন মনোক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড এবং নিজে জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিয়া থাকিলে উহারা কস্টিক সোডা দ্রবণে শোষিত হইবে এবং উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইডকে প্রয়োজন হইলে ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইড দ্বারা নিরুদিত করিয়া মারকারির উপর শুষ্ক বিশুদ্ধ গ্যাস হিসাবে সংগ্রহ করাও চলিবে।

(ii) **অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী :**

(a) পরীক্ষাগারে ফরমিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অক্সালিক অ্যাসিড বা পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড কেলাস ব্যবহার করিয়াও প্রায় অনুরূপ পদ্ধতিতে কার্বন মনোক্সাইড

প্রস্তুত করা যায়। তবে এইরূপ ক্ষেত্রে কেলাসরূপের বিকারককে ফ্লাস্কের মধ্যে লইয়া ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে ধীরে ধীরে যোগ করিতে হইবে।

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + [H_2O + H_2SO_4]$$

অক্সালিক অ্যাসিড

$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O$$

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড $= 2K_2SO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 + 6CO$

(b) কার্বন ডাই-অক্সাইডকে উত্তপ্ত জিঙ্ক চুর্ণ বা আয়রন চূর্ণের উপর দিয়া চালিত করিলে উহা আংশিকভাবে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + Zn \rightleftharpoons ZnO + CO \; ; \; Fe + CO_2 \rightleftharpoons FeO + CO$$

(c) কেবলমাত্র উচ্চতর তাপমাত্রায় যে-সব ধাতব অক্সাইড বিজারিত হয় (যেমন, জিঙ্ক, আয়রন বা ম্যাঙ্গানিজের অক্সাইড) তাহাদের কার্বন মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।

$$ZnO + C = Zn + CO \; ; \; Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(d) উচ্চতর তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড বা ক্যালসিয়াম অথবা বেরিয়াম কার্বনেটকে চারকোল দ্বারা বিজারিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$C + CO_2 = 2CO \; ; \; CaCO_3 + C = CaO + 2CO$$

ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে জিঙ্ক দ্বারা বিজারিত করিলেও কার্বন মনোক্সইড উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3 + Zn = CaO + ZnO + CO$$

(e) নিকেল টেট্রাকার্বনিলকে তাপপ্রয়োগে বিয়োজিত করিলে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।

$$Ni(CO)_4 \overset{160°C}{=} Ni + 4CO$$

কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : কার্বন মনোক্সাইড বৈশিষ্ট্যসূচক মৃদু গন্ধযুক্ত বর্ণহীন স্বাদহীন গ্যাস। ইহা প্রায় বায়ুর সমান ভারী। শীতল করিলে—191° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ইহা বর্ণহীন তরলে পরিণত হয়। ইহা জলে অতি সামান্য পরিমাণে দ্রাব্য কিন্তু অ্যামোনিয়া-যুক্ত অথবা ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়। ইহার তীব্র বিষক্রিয়া আছে। ইহা রক্তের হিমোগ্লোবিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাকে কার্বক্সি-হিমোগ্লোবিনে রূপান্তরিত করে এবং তখন আর উহা নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসের অক্সিজেন বিনিময় প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিতে পারে না।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **দাহ্য ধর্ম :** ইহা নিজে দাহ্য কিন্তু দহনের সহায়ক নয়। বায়ু বা অক্সিজেন পরিমণ্ডলে ইহা নীল শিখাসহ জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2CO + O_2 = 2CO_2$

(ii) **ইহা একটি প্রশম অক্সাইড।** লিটমাসের উপর ইহার কোনও ক্রিয়া নাই এবং সাধারণ অবস্থায় ইহা অ্যাসিড বা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু উচ্চচাপে 200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে চালিত হইলে ইহা সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন করে। $NaOH + CO = HCOONa$

(iii) **বিজারণ ধর্ম ঃ** কার্বন মনোক্সাইড শক্তিশালী বিজারক। ইহা বহু ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুকে মুক্ত করে। $CuO + CO = Cu + CO_2$

$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$

ইহা আয়োডিন পেন্ট-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে।

$$I_2O_5 + 5CO \overset{90°C}{=} I_2 + 5CO_2$$

ইহা ফেরিক অক্সাইড-ক্রোমিক অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে 350 - 450° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় স্টীমকে বিজারিত করিয়া হাইড্রোজেনে পরিণত করে (বশ্ পদ্ধতি)।

$$H_2O + CO = H_2 + CO_2$$

(iv) **যুতযৌগ গঠন ঃ** কার্বন মনোক্সাইডে কার্বনের চারটি যোজনক্ষমতা পরিপৃক্ত না হওয়ার জন্য ইহার যুতযৌগ গঠনের প্রবণতা আছে। সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ইহা ক্লোরিনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফস্‌জিন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং সালফার বাষ্পের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় উত্তপ্ত নলের মধ্য দিয়া চালিত হইলে কার্বনিল সালফাইডে পরিণত হয়।

$$CO + Cl_2 = COCl_2 \ ; \ CO + S = COS$$

ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হইলে কার্বন মনোক্সাইড একটি সাদা যুতযৌগ অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$CuCl + CO + 2H_2O = [CuCl.\ CO,\ 2H_2O] \downarrow$$

(v) **ধাতব কার্বনিল গঠন ঃ** নিকেল, আয়রন অথবা কোবাল্ট ধাতুচূর্ণের সহিত ঈষৎ উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মনোক্সাইড উদ্বায়ী ধাতব কার্বনিল উৎপন্ন করে।

$$Ni + 4CO \overset{40°C}{=} Ni(CO)_4 \ ; \ Fe + 5CO \overset{120°C}{=} Fe(CO)_5$$

(vi) **জৈব যৌগ প্রস্তুতি ঃ** বিভিন্ন তাপমাত্রায়, বিভিন্ন অনুঘটকের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় কতগুলি গুরুত্বপূর্ণ জৈব যৌগের শিল্পোৎপাদন করা হয়। যেমন,

$$CO + 3H_2 \underset{380°C}{\overset{\text{Ni বা Pt}}{=}} \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + H_2O$$

$$CO + 2H_2 \underset{350°C}{\overset{ZnO + Cr_2O_3}{=}} \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH}$$

$$nCO + (2n+1)H_2 \underset{200°C}{\overset{Co}{=}} \underset{\text{কৃত্রিম পেট্রোলিয়াম}}{C_nH_{2n+2}} + nH_2O$$

পরীক্ষার সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ:

(i) **কার্বন মনোক্সাইড দাহ্য এবং ইহার দহনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়:** একটি কার্বন মনোক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যায় যে, শলাকাটি নিভিয়া গিয়াছে কিন্তু গ্যাসজারের ভিতরকার গ্যাস নীলশিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিতেছে। দহনশেষে গ্যাসজারে চুনের জল যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে দেখা যায় যে, স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা হইয়া গিয়াছে। চুনের জল ঘোলা করা কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম। সুতরাং কার্বন মনোক্সাইডের দহনের ফলে নিশ্চয় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে।

(ii) **কার্বন মনোক্সাইডের বিজারণ ধর্ম আছে:** একপ্রান্তে নির্গম-নল ও অন্যপ্রান্তে প্রবেশনল সংযুক্ত একটি দুইমুখ খোলা দৃঢ় কাচনলের মধ্যে কপার অক্সাইড লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল। অতঃপর প্রবেশ নল দিয়া ধীরে ধীরে কার্বন মনোক্সাইডের একটি স্রোত চালনা করিয়া নির্গম-নল নিষ্ক্রান্ত গ্যাসকে স্বচ্ছ চুনের জলের মধ্যে শোষণ করা হইলে, কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, দুইমুখ খোলা কাচনলের মধ্যে স্থাপিত কালো কপার অক্সাইড লাল ধাতব কপারে বিজারিত হইয়াছে এবং স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা হইয়া গিয়াছে। সুতরাং প্রমাণ হইতেছে যে, কার্বন মনোক্সাইডের বিজারণ ধর্ম আছে এবং ইহা অন্য কাহাকেও বিজারিত করিবার সঙ্গে সঙ্গে নিজে জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

(iii) **কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে কার্বন আছে:** কার্বন মনোক্সাইডকে বিশুদ্ধ অক্সিজেনে জারিত করিয়া উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার প্রবিষ্ট করাইলে দেখা যাইবে যে, জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তার অব্যাহত-ভাবে জ্বলিতেছে এবং পাত্রের দেয়ালে কালো সূক্ষ্ম চূর্ণের আবির্ভাব ঘটিতেছে। দহন-শেষে পাত্রটিকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ধৌত করিয়া ফিল্টার করিলে, ম্যাগনেসিয়াম দহনের ফলে সৃষ্ট ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং ফিল্টার কাগজের গায়ে কালো সূক্ষ্ম চূর্ণ লাগিয়া থাকিবে। এই কালো সূক্ষ্ম চূর্ণকে শুষ্ক করিয়া বিশুদ্ধ অক্সিজেনে দহন করিলে যে-গ্যাস উৎপন্ন হইবে তাহা স্বচ্ছ চুনের জলকে ঘোলা করিবে। সুতরাং প্রমাণিত হইবে যে, কালো সূক্ষ্ম চূর্ণটি কার্বন ব্যতীত আর কিছুই নহে এবং উহা কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে অন্যতম উপাদান হিসাবে উপস্থিত ছিল।

কার্বন মনোক্সাইডের সংযুতি ও সঙ্কেত নির্ণয়:

(i) **ওজনমাত্রিক সংযুতি:** এই পরীক্ষায় একটি কপার অক্সাইড দ্বারা অর্ধপূর্ণ দুই মুখ খোলা দৃঢ় কাচনলকে সঠিকভাবে ওজন করিয়া উহার একপ্রান্তকে পূর্ব নির্ণীত ওজনের কস্টিক পটাস বাল্‌বের সহিত সংযুক্ত করা হয়। অতঃপর দৃঢ় কাচনল-টিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া অপর প্রান্ত দিয়া উহার মধ্যে ধীরে ধীরে কার্বন মনোক্সাইডের স্রোত প্রবাহিত করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড কপার অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং কস্টিক পটাস বাল্‌বে শোষিত হইয়া উহার ওজন

বৃদ্ধি করে। পরীক্ষার শেষ পর্যায়ে কার্বন মনোক্সাইডের প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া কাচনলটিকে শীতল করা হয় এবং কাচনলে উৎপন্ন সমগ্র কার্বন ডাই-অক্সাইড কষ্টিক পটাস দ্রবণে শোষিত হইবার সুযোগ পায়। পরীক্ষাশেষে কাচনল ও কষ্টিক পটাস বাল্‌বকে পুনরায় ওজন করা হয়। কাচনলের ওজনের অন্তর হইতে যে-অক্সিজেন কপার অক্সাইড ত্যাগ করিয়াছে তাহার ওজন এবং কষ্টিক পটাস বাল্‌বের ওজনের বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন পাওয়া যায়।

ধরা যাক, কষ্টিক পটাস বাল্‌বের ওজনের বৃদ্ধি $= W_1$

= উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন

∴ উৎপন্ন CO_2-তে অর্থাৎ জারিত কার্বন মনোক্সাইডে উপস্থিত কার্বনের ওজন

$$= \frac{W_1 \times 12}{44} \quad [\because CO_2\text{-এর আণবিক গুরুত্ব} = 44]$$

আবার ধরা যাক, CuO নলের ওজনের হ্রাস $= W_2$ = অক্সিজেনের যে-ওজন কার্বন মনোক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

∴ কার্বন মনোক্সাইডের ওজন $= W_1 - W_2$

এবং কার্বন মনোক্সাইডে উপস্থিত অক্সিজেনের ওজন

= কার্বন মনোক্সাইডের ওজন − কার্বন মনোক্সাইডে উপস্থিত কার্বনের ওজন

$$= (W_1 - W_2) - \frac{W_1 \times 12}{44}$$

সাবধানের সহিত পরীক্ষাটি সম্পাদন করিলে দেখা যায় যে,

$$\frac{\text{কার্বন মনোক্সাইডে উপস্থিত কার্বনের ওজন}}{\text{কার্বন মনোক্সাইডে উপস্থিত অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{W_1 \times \frac{12}{44}}{(W_1 - W_2) - W_1 \times \frac{12}{44}} = \frac{3}{4}$$

অর্থাৎ কার্বনের 3 ভাগ ওজন অক্সিজেনের 4 ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠন করিয়াছে এবং উক্ত ওজনগুলিকে সংশ্লিষ্ট মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব দিয়া ভাগ করিলে দেখা যায় যে, কার্বন মনোক্সাইড অণুতে উপস্থিত কার্বন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত $(3 \div 12) : (4 \div 16) = \frac{1}{4} : \frac{1}{4} = 1 : 1$ অর্থাৎ কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত $(CO)_n$। এখন যেহেতু কার্বন মনোক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 14, সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব = 28 $\therefore (12+16)n = 28$ অথবা $n = 1$। অতএব কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত CO।

(ii) **আয়তনমাত্রিক সংযুক্তি:** ইউডিয়োমিটার নলে পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, Vml কার্বন মনোক্সাইড $\frac{V}{2}$ ml O_2-এর সহিত সংযুক্ত হইয়া Vml CO_2 উৎপন্ন করে। কিন্তু যেহেতু CO_2-এর মধ্যে উহার সম-আয়তন O_2 থাকে, তাই Vml CO_2-এর মধ্যে সর্বসাকুল্যে Vml O_2 আছে এবং ইহা হইতে কার্বন মনোক্সাইডের দহনের জন্য ব্যবহৃত $\frac{V}{2}$ ml বাদ দিলে অবশিষ্ট $\frac{V}{2}$ ml নিশ্চয় কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে প্রথমাবধি উপস্থিত ছিল।

∴ Vml কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে উপস্থিত থাকে $\frac{V}{2}$ ml O_2

∴ n অণু কার্বন মনোক্সাইডে উপস্থিত থাকে $\frac{n}{2}$ অণু O_2 ($n=$ Vml যে-কোনও গ্যাসে উপস্থিত অণু সংখ্যা)

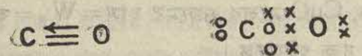
∴ 1 অণু কার্বন মনোক্সাইডে উপস্থিত থাকে $\frac{1}{2}$ অণু বা 1 পরমাণু অক্সিজেন (∵ O_2 অণু দ্বিপরমাণুক)।

ধরা যাক, কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত C_nO। যেহেতু কার্বন মনোক্সাইডের গ্যাসীয় ঘনত্ব 14,

∴ উহার আণবিক গুরুত্ব 28, অর্থাৎ $12n+16=28$ বা $n=1$

অতএব কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত CO।

কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক গঠন : কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন নিম্নরূপ :



ব্যবহার : ইহা ওয়াটার গ্যাস, প্রোডিউসার গ্যাস ইত্যাদি জ্বালানি গ্যাসের প্রধান উপাদান। ধাতুনিষ্কাশনকালে ধাতব অক্সাইড বিজারিত করার জন্য ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। বশ্ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদনের জন্য ইহাকে ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেনের সহিত ইহার মিশ্রণকে (সিনথেসিস গ্যাস) মিথেন, মিথাইল অ্যালকোহল, কৃত্রিম পেট্রোলিয়াম ইত্যাদি উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। ফরমেট লবণ ও ফস্‌জিন নামক বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) কার্বন মনোক্সাইড দহনকালে বিশিষ্ট নীল শিখা (lambent blue) সহ জ্বলে এবং দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাস স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা করে।

(ii) প্যালাডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ বিজারণের ফলে গোলাপী সবুজ বা কালো হইয়া যায়।

(iii) 90° সেন্টিগ্রেডে ইহা I_2O_5-কে বিজারিত করিয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে।

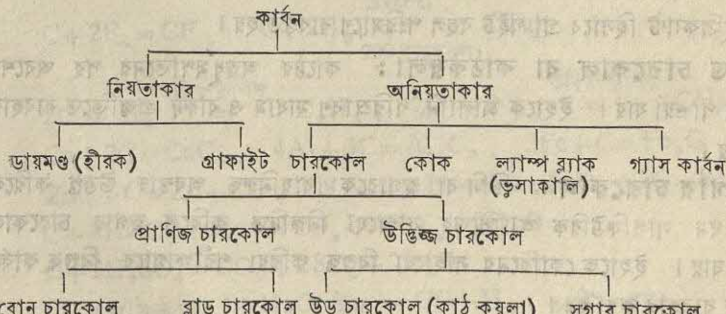
(iv) লঘুকৃত রক্তের সহিত এই গ্যাস মিশ্রিত করিয়া ট্যানিন দ্রবণ মিশাইলে উজ্জ্বল লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

(v) এই গ্যাস ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়া যুক্ত CuCl দ্রবণে শোষিত হইয়া সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইডের তুলনা

কার্বন মনোক্সাইড (CO)	নাইট্রিক অক্সাইড (NO)
1. বর্ণহীন স্বল্পদ্রাব্য গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা সামান্য হালকা (বা.ঘ. 14)। সহজে তরলীভূত হয় না (স্ফুটনাঙ্ক – 191·5°C)।	বর্ণহীন স্বল্পদ্রাব্য গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী (বা.ঘ. 15)। সহজে তরলীভূত হয় না। (স্ফুটনাঙ্ক – 151·7°C)।
2. প্রশম অক্সাইড। তবে 200°C-এ গাঢ় KOH দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া HCOOK উৎপন্ন করে ; $KOH+CO=HCOOK$	প্রশম অক্সাইড। তবে KOH দ্রবণের সংস্পর্শে ধীরে ধীরে KNO_2 ও N_2O উৎপন্ন করে; । $4NO+2KOH=2KNO_2+N_2O+H_2O$
3. দাহ্য। বায়ুতে উজ্জ্বল নীল শিখায় জ্বলিয়া CO_2-তে পরিণত হয়। $2CO+O_2=2CO_2$	সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুর O_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া ঘন বাদামী NO_2 উৎপন্ন করে। $2NO+O_2=2NO_2$ কিন্তু আলোক বাহির হয় না। অর্থাৎ প্রকৃত অর্থে দাহ্য নহে।
4. অত্যন্ত সুস্থিত। তড়িৎস্ফুলিঙ্গেও বিয়োজিত হয় না। তাই কোন অবস্থাতেই দহন সহায়ক হিসাবে কাজ করিতে পারে না।	নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলির মধ্যে সর্বাধিক সুস্থিত হইলেও 1000°C এর উর্ধ্বে বিয়োজিত হয়। তাই মৃদুভাবে জ্বলন্ত P_4 নিভিয়া গেলেও উজ্জ্বলভাবে জ্বলন্ত P_4 ইহার মধ্যে জ্বলিতে থাকে। $P_4+10NO=P_4O_{10}+5N_2$
5. বিজারক। উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইড হইতে বহু ধাতু মুক্ত করে; $CuO+CO=Cu+CO_2$	বিজারক। ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণকে দ্রুত বর্ণহীন করে ; $NO+KMnO_4=KNO_3+MnO_2$;
6. HCL (অথবা NH_4OH) যুক্ত CuCl দ্রবণে শোষিত হইয় CuCl, CO, $2H_2O$ (সাদা) যুতযৌগ গঠন করে।	$FeSO_3$ দ্রবণে শোষিত হইয়া $FeSO_4$, NO যুতযৌগ (কালচে বাদামী) গঠন করে।

সার-সংক্ষেপ



ডায়মণ্ড : খনি হইতে ডায়মণ্ড পাওয়া যায়। সুগার চারকোল ও আয়রন চূর্ণের মিশ্রণকে 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া হঠাৎ শীতল করিলে, গলিত আয়রনে দ্রবীভূত কার্বন পৃথক হইবার সময় আংশিকভাবে ডায়মণ্ডে পরিণত হয়।

ডায়মণ্ডে প্রত্যেক কার্বন পরমাণু চতুস্তলক মডেল অনুযায়ী অন্যান্য চারটি কার্বন পরমাণুর সহিত সমযোজী বন্ধনে সংযুক্ত থাকে। তাই ডায়মণ্ডের এক একটি কেলাসকে এক একটি অতিকায় অণু হিসাবে কল্পনা করা যায়। ইহা উচ্চতম কাঠিন্যযুক্ত পদার্থগুলির অন্যতম এবং তড়িৎ-পরিবহণে অক্ষম। ইহার প্রতিসরাঙ্ক অতি উচ্চ এবং সেইজন্য ইহাকে মূল্যবান রত্ন হিসাবে ব্যবহার করা হয়। রত্ন হিসাবে ব্যবহারের অনুপযুক্ত গাঢ় বা কালো রঙের ডায়মণ্ডকে (কার্বনাডো) প্রস্তর ও অন্যান্য অতিকাঠিন্যযুক্ত বস্ত্ত ছেদন করিবার জন্য ব্যবহার করা হয়।

গ্রাফাইট : খনি হইতে প্রচুর পরিমাণে গ্রাফাইট উত্তোলন করা হয়। অ্যাকেশন পদ্ধতিতে বালি ও কোকচূর্ণের মিশ্রণকে তড়িৎ-চুল্লীতে 3000° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে উত্তপ্ত করিয়াও কৃত্রিম গ্রাফাইট প্রস্তুত করা হয়। $SiO_2+3C=SiC+2CO$, $SiC=Si+C$ (গ্রাফাইট)

গ্রাফাইট কালো, নরম, তৈলাক্তস্পর্শ। ইহা ডায়মণ্ড হইতে বেশি সক্রিয় হইলেও কার্বনের অন্যান্য অনিয়তাকার রূপভেদ অপেক্ষা কম সক্রিয়। বায়ুর মধ্যে 700°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $C+O_2=CO_2$। ডায়মণ্ডের মতন ইহাও গলিত সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। $Na_2CO_3+C=Na_2O+2CO$

গ্রাফাইটে কার্বন পরমাণুগুলি সুষম ষড়্ভুজের আকারে কতকগুলি সমান্তরাল স্তরে বিন্যস্ত থাকে। প্রত্যেক স্তরে কার্বন পরমাণুগুলি অন্যান্য তিনটি পার্শ্ববর্তী কার্বন পরমাণুর সহিত শক্তিশালী সমযোজী বন্ধনে যুক্ত থাকিলেও, পরবর্তী স্তরের কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত উহাদের চতুর্থ বন্ধনটি অত্যন্ত দুর্বল এবং সহজেই ছিন্ন হয়। এজন্য গ্রাফাইটের একটি স্তর অন্য স্তর হইতে সহজেই পৃথক হইতে পারে এবং লুব্রিকেটিং ধর্ম প্রদর্শন করে। সমান্তরাল স্তরগুলির মধ্যে ইলেকট্রন চলাচলের স্বাধীনতা থাকে বলিয়া গ্রাফাইট তড়িতের উত্তম পরিবাহী হিসাবে কাজ করে।

পেন্সিলের সিস প্রস্তুত করিতে, তড়িৎ-দ্বার প্রস্তুত করিতে, শুষ্ক তড়িৎ-কোষের মধ্যে এবং লুব্রিক্যান্ট হিসাবে গ্রাফাইট বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

উড চারকোল বা কাঠকয়লা : কাষ্ঠের অন্তর্ধূমপাতনের পর অবশেষ হিসাবে পাওয়া যায়। ইহাকে জ্বালানি, পরিস্রাবণ মাধ্যম ও বারুদ প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

সুগার চারকোল : চিনি বা সুগারকে বায়ুনিরুদ্ধ অবস্থায় উত্তপ্ত করিলে অথবা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নিরুদিত করিলে সুগার চারকোল পাওয়া যায়। ইহাকে ক্লোরিনের সাহায্যে বিশুদ্ধ করিয়া পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ কার্বন হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

বোন চারকোল : পরিষ্কৃত হাড়কে অন্তর্ধূমপাতন করিলে অবশেষ হিসাবে পাওয়া যায়। ইহাকে চিনি বিরঞ্জিত করিতে ব্যবহার করা হয়। বোন চারকোলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম ফসফেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে দূরীভূত করিলে যে-'আইভরি ব্ল্যাক' পাওয়া যায়, তাহাকে কালো পিগমেন্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

ব্লাড চারকোল : রক্তের অন্তর্ধূমপাতনের ফলে সৃষ্ট এই চারকোলও চিনি বিরঞ্জনের জন্য ব্যবহৃত হয়।

ল্যাম্প ব্ল্যাক বা ভুসাকালি : তৈল, চর্বি, রজন ইত্যাদিকে অপ্রতুল বায়ুর মধ্যে দহন করিলে ল্যাম্প ব্ল্যাক পাওয়া যায়। ইহাকে ছাপার কালি, জুতার কালি, কালো তেল-রং ইত্যাদি প্রস্তুতিতে এবং রবার শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

কার্বন ব্ল্যাক : অপ্রতুল বায়ুর উপস্থিতিতে প্রাকৃতিক গ্যাস দহন করিয়া প্রাপ্ত সূক্ষ্ম কার্বনচূর্ণকে কার্বন ব্ল্যাক নামে অভিহিত করা হয়। পিগমেণ্ট বা ফিলার হিসাবে ইহা ল্যাম্প ব্ল্যাক অপেক্ষা উন্নততর মানের এবং একই উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয়।

কোক : প্রাকৃতিক কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের ফলে প্রাপ্ত অবশেষকে কোক বলে। ইহাকে জ্বালানি ও ধাতু নিষ্কাশনকালে বিজারক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

গ্যাস কার্বন : কয়লার অন্তর্ধূমপাতনকালে বকযন্ত্রের উপরাংশে মিথেন ইত্যাদি গ্যাসের তাপ বিয়োজনের ফলে ইহা উৎপন্ন হয়। ইহা তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। তড়িৎ-দ্বার নির্মাণের জন্য ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

কয়লা : লক্ষ লক্ষ বৎসর ভূগর্ভে প্রোথিত থাকিয়া প্রচণ্ড চাপ, তাপ ও জীবাণুর প্রভাবে উদ্ভিদ কয়লায় পরিণত হইয়াছে। কয়লার মধ্যে কার্বন ব্যতীত বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন ও অজৈব যৌগও উপস্থিত থাকে। গৃহস্থালী ও শিল্পে জ্বালানি হিসাবে ইহা বিপুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

কার্বনের ধর্ম : কার্বনের অক্সিজেনের প্রতি প্রবল আসক্তি বর্তমান। অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং অপ্রতুল বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। $C+O_2=CO_2$; $2C+O_2=2CO$। কার্বনের উত্তম বিজারণ ক্ষমতার জন্য ইহাকে ধাতুনিষ্কাশনকালে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। ইহা ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করে না কিন্তু বহু অধাতু ও কয়েকটি ধাতুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। ইহার কতগুলি গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$C+2F_2=CF_4$; $C+2H_2 \underset{200\ \text{বায়ুমণ্ডল}}{\overset{2000^\circ C}{\rightleftharpoons}} CH_4$

$2C+H_2 \overset{\text{তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ}}{=} C_2H_2$; $2C+N_2 \overset{\text{তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ}}{=} (CN)_2$

$Ca+2C=CaC_2$, $4Al+3C=Al_4C_3$; $3Fe+C=Fe_3C$

$ZnO+C=Zn+CO$; $PbO+C=Pb+CO$; $SnO_2+2C=Sn+2CO$

$C+4HNO_3$ (গাঢ়) $=CO_2+4NO_2+2H_2O$

$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$

C (লোহিত তপ্ত) $+H_2O$(স্টীম) $=CO+H_2$ (ওয়াটার গ্যাস)

$Na_2SO_4+4C=Na_2S+4CO$

কার্বন ডাই-অক্সাইড

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে মার্বেল পাথর বা চুনাপাথরের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। প্রস্তুতিকালে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না, কারণ সেক্ষেত্রে মার্বেল পাথর টুকরার উপর অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটের আস্তরণ সৃষ্ট হইয়া বিক্রিয়া থামাইয়া দেয়।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

ধর্ম : কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, গন্ধহীন, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। ইহা দাহ্য বা দহনসহায়ক নয়। কিন্তু জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা সোডিয়াম ধাতু এই গ্যাসের মধ্যে কালো কার্বন চূর্ণ উৎপন্ন করিয়া জ্বলিতে থাকে।

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C \text{ ; } 4Na + 3CO_2 = 2Na_2CO_3 + C$$

লোহিততপ্ত আয়রন, জিঙ্ক বা কার্বন চূর্ণের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। $CO_2 + Fe = FeO + CO$; $C + CO_2 = 2CO$

চুনের জলে চালিত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রথমে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে যাহা অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়। $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$; $CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$

কার্বনিক অ্যাসিড

কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$। ইহা অস্থিত, অতি দুর্বল দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড। ইহা দুই শ্রেণীর লবণ—পূর্ণ লবণ ও অ্যাসিড লবণ উৎপন্ন করিতে পারে। $H_2CO_3 + 2NaOH = 2H_2O + Na_2CO_3$ (পূর্ণ লবণ) $H_2CO_3 + NaOH = H_2O + NaHCO_3$ (অ্যাসিড লবণ)। জলীয় দ্রবণে উভয় প্রকার লবণই আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া ক্ষারীয় ধর্ম প্রদর্শন করে। সেক্ষেত্রে উপরিউক্ত বিক্রিয়াগুলির বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে।

কার্বন মনোক্সাইড

পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : ফরমিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড বা পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া পরীক্ষাগারে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$HCOOH + H_2SO_4 = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + H_2SO_4 = CO + CO_2 + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O$$
$$= 2K_2SO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 + 6CO$$

ধর্ম : ইহা বর্ণহীন, স্বাদহীন মৃদু গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। ইহা দাহ্য কিন্তু দহনসহায়ক নয়। $2CO + O_2 = 2CO_2$

ইহার শক্তিশালী বিজারণ ধর্ম আছে। $CuO\ (\text{উত্তপ্ত}) + CO = Cu + CO_2$

$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$; $I_2O_5 + 5CO \xrightarrow{90°C} I_2 + 5CO_2$ ।

উচ্চচাপে 200°C তাপমাত্রায় ইহা গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণে শোষিত হইয়া সোডিয়াম ফর্মেটে পরিণত হয়। $NaOH + CO = HCOONa$। 400°C উষ্ণতায় ফেরিক অক্সাইড ক্রোমিক অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইহা স্টীমকে বিজারিত করিয়া হাইড্রোজেনে পরিণত করে। $H_2O + CO = H_2 + CO_2$

ইহা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হইয়া একটি সাদা যুতযৌগ অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$CuCl + CO + 2H_2O = [CuCl\ CO, 2H_2O] \downarrow$$

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. বহুরূপতার অর্থ কি ? কার্বনের রূপভেদের সংখ্যা কত ? ইহাদের প্রত্যেকটির ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। প্রমাণ কর যে, কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদে কার্বন ছাড়া অন্য কোন মৌলের অস্তিত্ব নাই।

2. টীকা লিখ : (a) কৃত্রিম গ্রাফাইট, (b) গ্রাফাইট, (c) উজ্জীবিত চারকোল, (d) বহির্ধৃতি, (e) গ্যাস কার্বন, (f) কোক, (g) ভুসাকালি, (h) হীরক।

3. পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতপদ্ধতির সচিত্র বর্ণনা কর। ইহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

4. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন মনোক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর। অপ্রতুল বাতাসে কয়লার দহন বিপদজনক কেন ? কিভাবে কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে ও কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করা যায় ?

5. কি শর্তে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি হয় ?

(a) কার্বন মনোক্সাইড এবং ক্লোরিন, (b) কার্বন মনোক্সাইড এবং কষ্টিক সোডা, (c) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড এবং কার্বন মনোক্সাইড, (d) নিকেল চূর্ণ এবং কার্বন মনোক্সাইড।

6. রাসায়নাগারে কিভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ? কার্বন ডাই-অক্সাইডের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম সমীকরণসহ লিখ। কার্বন ডাই-অক্সাইডের কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।

7. কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কি শর্তে বিক্রিয়া করে তাহা রাসায়নিক সমীকরণসহ লিখ।

(a) সোডিয়াম, (b) ম্যাগনেসিয়াম, (c) চুনজল এবং (d) অ্যামোনিয়া।

8. পরীক্ষাগারে কিভাবে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়, চিত্রসহ বর্ণনা কর। গ্যাসটির বিজারণ ক্ষমতা দুইটি দৃষ্টান্তসহ ব্যাখ্যা কর। [Tripura, 1981]

9. CO এবং NO-এর তুলনামূলক আলোচনা লিপিবদ্ধ কর। [Tripura, 1983]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. (a) কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন? [H. S. 1981]

(b) একটি গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড কি সালফার ডাই-অক্সাইড তাহা কিভাবে বুঝা যাইবে।

(c) কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণে কি ভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সনাক্ত করা যাইবে?

(d) কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসমিশ্রণে কি ভাবে গ্যাস দুটিকে সনাক্ত করা যাইবে?

(e) কার্বন মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাসমিশ্রণে গ্যাস দুইটিকে কি ভাবে সনাক্ত করা সম্ভব?

(f) হীরা কঠিন কিন্তু গ্রাফাইট নরম কেন? [H. S. 1985]

(g) গ্রাফাইট তড়িৎ-পরিবাহী কিন্তু হীরক তড়িৎ-পরিবাহী নহে কেন?

(h) শুকনো বরফ কি? সোডা ওয়াটার কি? সোডা ওয়াটার বোতলের ছিপি খুলিলে বুদ্‌বুদ বাহির হয় কেন?

2. কি ভাবে প্রমাণ করিবে যে, (a) কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী; (b) কার্বন ডাই-অক্সাডের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী; (c) কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে; (d) কার্বন ডাই-অক্সাইডে অক্সিজেন আছে।

3. কি ঘটে বল:

(a) জলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ফিতা কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ জারে প্রবেশ করানো হইল। (b) চুনের জলে ক্রমাগত কার্বন ডাই-আক্সইড গ্যাস চালনা করার পর ইহাকে ফুটান হইল। [Tripura, 1982] (c) লোহিততপ্ত কার্বনের উপর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করা হইল। (d) লোহিততপ্ত কার্বনের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প পরিচালিত করা হইল। (e) শ্বেততপ্ত কয়লার উপর দিয়া বাতাস প্রবাহিত করা হইল।

4. কি ঘটে বল:

(a) উত্তপ্ত লেড অক্সাইডের উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করা হইল। (b) কার্বন মনোক্সাইড এবং ক্লোরিনের মিশ্রণ সূর্যালোকে রাখা হইল। (c) 200°C উষ্ণতায় এবং উচ্চ চাপে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড জারের ভিতর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করা হইল। প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ লিখ।

5. (a) কিভাবে কার্বন মনোক্সাইড হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারণ করিবে? [J.E. 1985] (b) কিভাবে প্রমাণ করিবে, কার্বন মনোক্সাইডের জারণ ও বিজারণ উভয় ধর্মই বর্তমান? [Tripura, 1984)

(c) কোন্ রাসায়নিক পদার্থ কার্বন মনোক্সাইডকে এবং কোন্ রাসায়নিক পদার্থ কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শোষণ করে? [H.S. 1981]

৫

ফসফরাস ও উহার কয়েকটি যৌগ

[PHOSPHORUS AND SOME OF ITS COMPOUND]

[Syllabus : Phosphorus, PH_3, P_4O_6, P_4O_{10}, H_3PO_3, H_3PO_4]

ফসফরাস (P_4)

পারমাণবিক গুরুত্ব 31 ; পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 15 ; ইলেকট্রনবিন্যাস $1s^22s^22p^63s^23p^3$

1674 খ্রীস্টাব্দে মানবমূত্র পাতিত করিয়া হামবুর্গবাসী ব্র্যাণ্ড প্রথম ফসফরাস প্রস্তুত করেন। 1777 খ্রীস্টাব্দে শীলে অস্থিভস্ম হইতে বৃহদাকারে ফসফরাস উৎপাদন পদ্ধতি প্রবর্তন করেন।

প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ফসফরাস পাওয়া যায় না। ফসফরাস-ঘটিত বিভিন্ন আকরিকের মধ্যে অ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$], ক্লোরঅ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$], রেডোণ্ডা ফসফেট [$AlPO_4$], ভিভিয়ানাইট [$FePO_4, 8H_2O$] ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। প্রাণীর অস্থিতে 50% পর্যন্ত ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

ফসফরাস প্রস্তুতি

(i) **পুরাতন পদ্ধতি :** পুরাতন পদ্ধতিতে অস্থিভস্ম (80% ক্যালসিয়াম ফসফেট) 60% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিয়োজিত করিয়া অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটে পরিণত করা হইত। উৎপন্ন অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিডকে পরিস্রাবণ ও বাষ্পীভবনের দ্বারা ঘন করিবার পর কোকচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া প্রথমে নাতি-উচ্চ উষ্ণতায় শুষ্ক ও পরে অগ্নিসহমৃত্তিকা নির্মিত বকযন্ত্রের মধ্যে উজ্জ্বল লোহিত তপ্ত উষ্ণতায় বিজারিত করিলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যাইত।

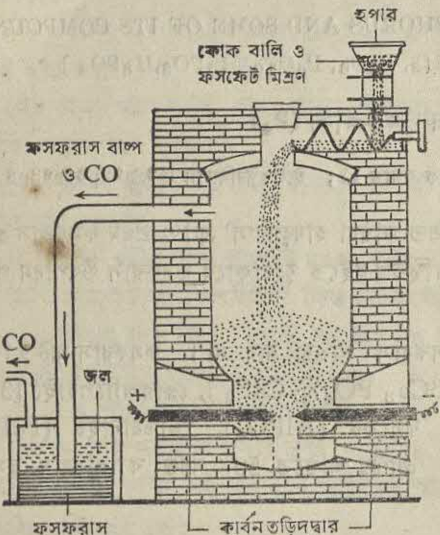
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + \underset{\text{অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড}}{2H_3PO_4}$$

$$H_3PO_4 \overset{\text{উত্তাপ}}{=} H_2O + HPO_3 \text{ (মেটাফসফোরিক অ্যাসিড)}$$

$$4HPO_3 + 12C = P_4 + 12CO + 2H_2$$

(ii) **আধুনিক তড়িৎতাপীয় পদ্ধতি (Electrothermal process) বা পার্কার ও রবিনসন পদ্ধতি :** আধুনিক পদ্ধতিতে তড়িৎ-চুল্লীর মধ্যে বালি, কোকচূর্ণ ও ফসফেট আকরিক চূর্ণের মিশ্রণ লইয়া, চুল্লীর নিম্নাংশে অবস্থিত দুইটি কার্বন তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক আর্কের (electric arc) সাহায্যে অতি উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 5.1)। 1150° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় সিলিকা

(অর্থাৎ বালি) ফসফেট আকরিককে বিয়োজিত করিয়া ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন করে : $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$ এবং উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড বাষ্প 1500°C তাপমাত্রায় কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড ও ফসফরাস বাষ্পে পরিণত হয় : $2P_2O_5 + 10C = P_4 + 10CO$ । উৎপন্ন গ্যাস-বাষ্প মিশ্রণকে জলের মধ্যে চালিত করিয়া শীতল করিলে ফসফরাস বাষ্প কঠিন সাদা ফসফরাস রূপে জলের নীচে জমা হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড বাহির হইয়া যায়। বিক্রিয়াজাত ক্যালসিয়াম সিলিকেটকে ধাতুমল হিসাবে তড়িৎ-চুল্লীর নিম্নে সংলগ্ন নির্গম-নল দিয়া বাহির করা হয়।



চিত্র 5.1 তড়িৎচুল্লীতে ফসফরাস উৎপাদন

তড়িৎ-চুল্লীতে উৎপন্ন গাঢ় বর্ণের ফসফরাসের মধ্যে অনেক অশুদ্ধি থাকে। ক্রোমিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে গলিত করিয়া ইহাকে পরিশুদ্ধ করা হয়। এইরূপে পরিশুদ্ধ হইলে ইহার ভিতরে উপস্থিত অশুদ্ধিগুলির একাংশ জারিত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং অপরাংশ সরের আকারে ভাসিয়া উঠে। প্রাপ্ত ফসফরাসকে অতঃপর গলিত অবস্থায় চাপ দিয়া স্যাময় চামড়ায় ফিল্টার করা হয় এবং জল দ্বারা শীতলীকৃত কাঁচের নলের মধ্যে শীতল করিয়া ছোট ছোট দণ্ডে পরিণত করা হয়। বাতাসের সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্ত জারণের জন্য সাদা ফসফরাসকে সর্বদা জলের নীচে রাখা হয়।

ফসফরাসের রূপভেদ (Allotropy of Phosphorus) : ফসফরাসের অনেকগুলি রূপভেদ আছে। রূপভেদগুলিকে দুইটি প্রধান বিভাগে বিভক্ত করা যায় : (1) সাদা ফসফরাস বা হলুদ ফসফরাস এবং (2) লাল ফসফরাস।

সাদা ফসফরাস বিভাগের সব রূপভেদ কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য এবং লাল ফসফরাস বিভাগের সব রূপভেদ কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য। এই সব রূপভেদের মধ্যে কেবলমাত্র লাল ফসফরাস বিভাগের অন্তর্ভুক্ত স্কারলেট ফসফরাস অনিয়তাকার। অবশিষ্ট রূপভেদগুলি নিয়তাকার এবং যথাক্রমে ফসফরাস I, ফসফরাস II, ফসফরাস III এবং ফসফরাস IV হিসাবে চিহ্নিত। রূপভেদগুলির মধ্যে কেবলমাত্র ফসফরাস IV বা ব্লাক ফসফরাস তড়িতের সুপরিবাহী এবং অবশিষ্ট সকলে তড়িতের কুপরিবাহী। নিম্নে বিভিন্ন রূপভেদের কয়েকটি ধর্ম লিপিবদ্ধ হইল।

(1) **সাদা ফসফরাস :** (ক) সাধারণ সাদা ফসফরাস বা ফসফরাস I, নিয়তাকার, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·83, গলনাঙ্ক 44·1°C, তড়িতের কুপরিবাহী। (খ) ফসফরাস II, সাধারণ সাদা ফসফরাস হইতে –69° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার নিম্নে অথবা 60° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 12000 বায়ুচাপে উৎপন্ন বহুরূপটি নিয়তাকার, আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·7, তড়িতের কুপরিবাহী। উভয় রূপভেদই কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য।

(2) **লাল ফসফরাস : (ক) টকটকে লাল বা স্কারলেট ফসফরাস :** কার্বন ডাই-সালফাইড অথবা ফসফরাস ট্রাইব্রোমাইডে দ্রবীভূত সাদা ফসফরাসের দ্রবণকে উজ্জ্বল সূর্যালোকে উদ্ভাসিত করার ফলে উৎপন্ন অনিয়তাকার রূপভেদ, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·88।

(খ) বেগুনী বা ভায়োলেট ফসফরাস (ফসফরাস) III : সাধারণ লাল ফসফরাসকে বদ্ধনলে 530° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া অথবা সাদা ফসফরাসকে গলিত লেডের মধ্যে দ্রবীভূত অবস্থায় কেলাসিত করার পর উপস্থিত লেডকে নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে বিতাড়িত করিয়া প্রস্তুত এই রূপভেদটি নিয়তাকার, আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·35, গলনাঙ্ক 589·5°C।

(গ) কালো বা ব্ল্যাক ফসফরাস (ফসফরাস IV) : সাদা ফসফরাস হইতে 200° সেন্টিগ্রেডে এবং প্রতি বর্গসেন্টিমিটারে 12000 কিগ্রা. চাপে প্রস্তুত এই রূপভেদটি নিয়তাকার (গ্রাফাইট কেলাসের মত স্তরবিশিষ্ট), আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·69, গলনাঙ্ক 587·5°C, তড়িতের সুপরিবাহী। শেষোক্ত তিনটি রূপভেদই কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য। সাধারণ লাল ফসফরাস প্রধানত স্কারলেট ফসফরাস ও ভায়োলেট ফসফরাসের মিশ্রণ।

সাদা ও লাল ফসফরাসের পারস্পরিক রূপান্তর : সাদা ফসফরাস হইতে লাল ফসফরাস—নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ ফ্লাস্কে সাদা ফসফরাস লইয়া 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে, গলিত সাদা ফসফরাস হইতে লাল ফসফরাসচূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত হইতে আরম্ভ করে এবং কয়েক ঘণ্টা পরে সমগ্র সাদা ফসফরাস জমিয়া কঠিন লাল ফসফরাসে পরিণত হয়।

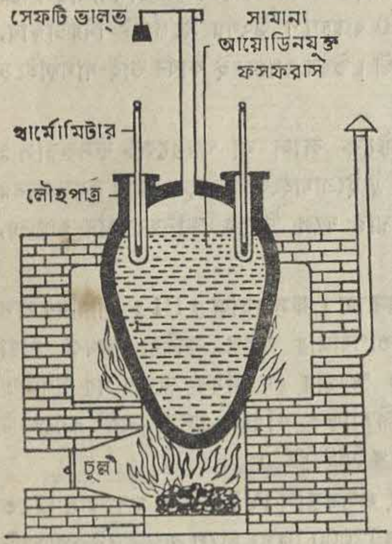
সাদা ফসফরাস বায়ুতে জারিত হইবার সময়েও কিছু লাল ফসফরাস উৎপন্ন হইয়া অবশেষ হিসাবে থাকিয়া যায়।

আয়োডিন অনুঘটক হিসাবে উপস্থিত থাকিলে সাদা ফসফরাস হইতে লাল ফসফরাসে রূপান্তর প্রক্রিয়া আরও সহজে 200° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় সম্পন্ন হইতে পারে।

কার্বন ডাই-সালফাইডে সাদা ফসফরাস দ্রবীভূত করিয়া আয়োডিন বা সিলেনিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে প্রখর সূর্যালোকে উদ্ভাসিত করিলে লাল ফসফরাস (CS_2-তে অদ্রাব্য) অধঃক্ষিপ্ত হয়।

সাদা ফসফরাস হইতে লাল ফসফরাসের শিল্পোৎপাদন :

একটি লৌহপাত্রের মধ্যে সামান্য আয়োডিনযুক্ত এক টন ফসফরাস লইয়া উহাকে একটি উলম্ব লৌহনল যুক্ত ঢাকনা দ্বারা বন্ধ করা অবস্থায় 240° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 5.2)। তাপমাত্রা পরিমাপ করার জন্য পাত্রের মধ্যে লৌহ আবরণযুক্ত দুইটি থার্মোমিটার অন্তপ্রবিষ্ট থাকে। (ফসফরাস বাষ্প কাচের সহিত বিক্রিয়া করে।) অল্প সাদা ফসফরাস পাত্রের মধ্যে উপস্থিত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে কিন্তু সাদা ফসফরাসের অবশিষ্ট অংশ কঠিন লাল ফসফরাসে রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত কঠিন পদার্থকে জলের নীচে চূর্ণ করিয়া কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত ফুটানো হয়। অপরিবর্তিত সাদা ফসফরাস ইহার ফলে ফসফিন গ্যাসে পরিবর্তিত হইয়া দূরীভূত হয় এবং প্রাপ্ত লাল ফসফরাস চূর্ণকে অতঃপর বারে বারে উষ্ণ জল দ্বারা ধৌত করিয়া স্টীমের সাহায্যে শুষ্ক করা হয়। সাধারণত ইহার মধ্যে 0 5% সাদা ফসফরাস ও কিছু ফসফোরিক অ্যাসিড অশুদ্ধি হিসাবে থাকিয়া যায়।



চিত্র 5.2 লাল ফসফরাস উৎপাদন

লাল ফসফরাস হইতে সাদা ফসফরাস : লাল ফসফরাসকে উচ্চচাপে তরলে পরিণত করা হইলেও সাধারণ চাপে ইহা উর্ধ্বপাতিত হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন বাষ্পকে শীতল করিলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যায়। লাল ফসফরাস হইতে সাদা ফসফরাস প্রস্তুতির জন্য সাধারণত লাল ফসফরাসকে 550°C তাপমাত্রায় ধীরগতিতে প্রবাহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের স্রোতের মধ্যে উত্তপ্ত করা হয়। নির্গত ফসফরাস বাষ্পমিশ্রিত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে শীতল করিলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যায়।

সাদা ফসফরাসের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : ইহা অর্ধস্বচ্ছ সাদা মোমের মত কঠিন পদার্থ, যাহাকে জলের নিচে ছুরির সাহায্যে কাটা যায়। আলোর সংস্পর্শে আসিলে ইহা ধীরে ধীরে হরিদ্রাভ হইয়া উঠে। ইহা রসুনের ন্যায় গন্ধযুক্ত এবং অত্যন্ত বিষাক্ত। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1 83, গলনাঙ্ক 44·1°C এবং ইহা তড়িতের কুপরিবাহী। ইহা জলে প্রায় অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, তার্পিন, বেঞ্জিন, ইথার ইত্যাদি জৈব তরলে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ঃ 800°C তাপমাত্রা পর্যন্ত ফসফরাস চতুঃপরমাণুক আণবিক রূপে (P_4 রূপে) থাকে। উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা ক্রমবর্ধমান হারে দ্বিপরমাণুক (P_2 রূপে) অণুতে বিয়োজিত হয়। $P_4 \rightleftharpoons 2P_2$

অনুপ্রভা ঃ সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে ফসফরাস একপ্রকার শীতল সবুজাভ আলোক নির্গত করিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত হয়। ইহাকে ফসফরাসের অনুপ্রভা (phosphorescence) বলে। সম্ভবত এই অনুপ্রভা P_4 এবং O_2 অণুর মধ্যে শৃঙ্খল-বিক্রিয়ার ফল। এই বিক্রিয়ার সময় সামান্য পরিমাণ ওজোন গ্যাস নির্গত হয় এবং অনুপ্রভার সবুজ আলোর বর্ণালী বিশ্লেষণ করিয়া ফসফরাসের একটি নিম্নতর অক্সাইড (PO)-এর উপস্থিতির প্রমাণ পাওয়া যায়। এতদ্ব্যতীত বিক্রিয়ার সময় ইন্ডিগোর নীল রঙ বিরঞ্জনে সক্ষম একটি উচ্চতর অক্সাইডও (PO_3) উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই ধীরগতি জারণে প্রধান বিক্রিয়াজাত পদার্থ P_2O_4। সম্ভাব্য বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ :

$P_4+O_2=2PO+P_2$; $P_2+O_2=2PO$

$PO+O_2=PO_3=PO_2+O$

$2PO_2=P_2O_4$; $O+O_2=O_3$; $O+P_2O_4=P_2O_5$

50°C তাপমাত্রায় বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে সাদা ফসফরাস জ্বলিয়া উঠিয়া ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডে পরিণত হয়। $P_4+5O_2=2P_2O_5$

হ্যালোজেনের সংস্পর্শে সাদা ফসফরাস জ্বলিয়া উঠে এবং অতিরিক্ত পরিমাণ হ্যালোজেন উপস্থিত থাকিলে আয়োডিন ব্যতীত অন্যান্য ক্ষেত্রে পেণ্টাহ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$P_4+10Cl_2=4PCl_5$; $P_4+10Br_2=4PBr_5$

কিন্তু হ্যালোজেনের পরিমাণ ফসফরাসের তুলনায় কম হইলে (আয়োডিনের ক্ষেত্রে বেশি হইলেও) ফসফরাস ট্রাইহ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$P_4+6Br_2=4PBr_3$; $P_4+6I_2=4PI_3$

সাদা ফসফরাসকে গন্ধকের সহিত মিশ্রিত করিয়া গালাইয়া ফেলিলে, বিস্ফোরণ-সহ বিক্রিয়া ঘটে এবং বিক্রিয়কের অনুপাতের উপর নির্ভর করিয়া পেণ্টাসালফাইড অথবা ট্রাইসালফাইড উৎপন্ন হয়।

$P_4+10S=2P_2S_5$; $P_4+6S=2P_2S_3$

সাদা ফসফরাস ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডে এবং উষ্ণ ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফসফিন গ্যাসে (PH_3) পরিণত হয়।

$$\overset{0}{P_4}+10H\overset{+5}{N}O_3+H_2O=4H_3\overset{+5}{P}O_4+5\overset{+2}{N}O+5\overset{+4}{N}O_2$$

$$\overset{0}{P_4}+3NaOH+3H_2O=\overset{-3}{P}H_3+3\underbrace{NaH_2\overset{+1}{P}O_2}_{\text{সোডিয়াম হাইপোফসফাইট}}$$

কপার সালফেট দ্রবণ সাদা ফসফরাস দ্বারা বিজারিত হইয়া উষ্ণ অবস্থায় কালো কিউপ্রাস ফসফাইড এবং শীতল অবস্থায় লাল ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$\overset{0}{3P}+3\overset{+2}{Cu}SO_4+6H_2O=\overset{3(+1)-3}{Cu_3P}+2H_3\overset{+3}{P}O_3+3H_2SO_4$$

$$2\overset{0}{P}+5\overset{+2}{Cu}SO_4+8H_2O=5\overset{+0}{Cu}+2H_3\overset{+5}{P}O_4+5H_2SO_4$$

অনুরূপভাবে সাদা ফসফরাস সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করিয়া প্রথমে সিলভার ফসফাইডে ও শেষ পর্যন্ত ধাতব সিলভারে পরিণত করে।

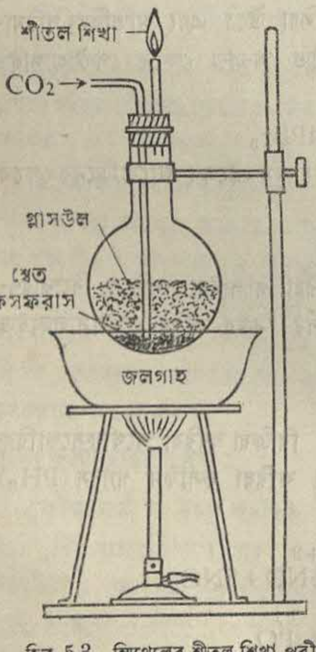
$$8\overset{0}{P}+15AgNO_3+12H_2O=5Ag_3\overset{-3}{P}+3H_3\overset{+5}{P}O_4+15HNO_3$$

$$\overset{0}{P}+5\overset{+1}{Ag}NO_3+4H_2O=5\overset{0}{Ag}+H_3\overset{+5}{P}O_4+5HNO_3$$

সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি ধাতু সাদা ফসফরাসের সহিত উত্তপ্ত করিলে সংশ্লিষ্ট ধাতুর ফসফাইড উৎপন্ন হয়।

$12Na+P_4=4Na_3P$; $6Ca+P_4=2Ca_3P_2$

সতর্কতা : সাদা ফসফরাস সাধারণ তাপমাত্রাতেই বায়ু-সংস্পর্শে জারিত হয় বলিয়া ইহাকে সর্বদা জলের নিচে রাখিতে হয় এবং বিষাক্ত পদার্থ বলিয়া ব্যবহারের সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করিতে হয়।



চিত্র 5.3 মিৎশেলের শীতল শিখা পরীক্ষা

মিৎশেলের শীতল শিখা পরীক্ষা : এই পরীক্ষায় ছোট নির্গম-নল ও তলদেশ পর্যন্ত প্রসারিত বক্রপ্রবেশনল সংযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে অল্প সাদা ফসফরাস লইয়া গ্লাসউল দ্বারা চাপা দেওয়া হয় এবং ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের উপর বসাইয়া প্রবেশনলের মাধ্যমে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিয়া ফ্লাস্কের ভিতর হইতে বায়ু অপসারিত করা হয়। অতঃপর কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা অব্যাহত রাখিয়া জলগাহটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ফসফরাস বাষ্প নির্গম নলদ্বারা বাহির হইবে এবং বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা জারিত হইয়া সবুজাভ আলোক শিখা উৎপন্ন করিবে, যাহার উষ্ণতা এতই কম যে, আঙ্গুল দিলে আঙ্গুল পুড়িবে না অথবা দিয়াশলাই কাঠি ধরিলে তাহা জ্বলিবে না (চিত্র 5.3)।

জলের নিচে আগুন : একটি অর্ধজলপূর্ণ পরীক্ষানলে কয়েকখণ্ড সাদা ফসফরাস রাখিয়া পরীক্ষানলটিকে একটি জলপূর্ণ বীকারে স্থাপন করা হয়। অতঃপর পরীক্ষানলটির মধ্যে নিমজ্জিত ফসফরাসের ঠিক উপরে অক্সিজেন গ্যাস বুদ্‌বুদ্‌ আকারে চালিত করিয়া বীকারটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে, তাপমাত্রা 60° সেন্টিগ্রেডে পৌঁছাইলে জলের মধ্যে নিমজ্জিত অবস্থাতেই ফসফরাস জ্বলিতে আরম্ভ করিয়াছে।

লাল ফসফরাসের ধর্ম :

ভৌতধর্ম : বাণিজ্যিক লাল ফসফরাস [ফসফরাসের কয়েকটি নিয়তাকার ও অনিয়তাকার রূপভেদের মিশ্রণ] বেগুনী আভাযুক্ত লাল চূর্ণ, আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·1 হইতে 2.2, অল্প তড়িৎপরিবাহী। ইহা গন্ধহীন, স্বাদহীন এবং বিষাক্ত নহে। চাপ-বৃদ্ধি করিয়া ইহাকে 592·5° সেন্টিগ্রেডে তরলে পরিণত করা যায়। কিন্তু সাধারণ চাপে উত্তপ্ত করিলে ইহা সরাসরি বাষ্পীভূত হয় এবং উৎপন্ন বাষ্পকে শীতল করিলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যায়। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় না।

রাসায়নিক ধর্ম : লাল ফসফরাস সাদা ফসফরাস অপেক্ষা অনেক কম সক্রিয়। ইহা বায়ুসংস্পর্শে অনুপ্রভা উৎপন্ন করে না, তবে আর্দ্র বায়ু সংস্পর্শে ধীরে ধীরে জারিত হইয়া অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$P_4 + 5O_2 + 6H_2O = 4H_3PO_4$$

ইহা 240°C-এর নীচে বায়ুতে প্রজ্বলিত হয় না, উত্তপ্ত না করিলে হ্যালোজেনের সংস্পর্শে সাদা ফসফরাসের মত তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া বিক্রিয়া করে না। তবে উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা সাদা ফসফরাসের মতই ট্রাই ও পেণ্টাস-হ্যালাইড উৎপন্ন করে। ইহা উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে না কিন্তু ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে ধীরে ধীরে এবং উত্তপ্ত করিলে দ্রুতগতিতে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন করে।

$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

সাদা ও লাল ফসফরাসের বিভিন্ন ধর্মের তুলনা

ধর্ম	সাদা ফসফরাস	লাল ফসফরাস
ভৌত : আকার, বর্ণ, গন্ধ, দ্রাব্যতা, আ. গু., তড়িৎ-পরিবাহিতা বিষক্রিয়া	সাদা বা সামান্য হরিদ্রাভ, রসুনের গন্ধবিশিষ্ট নরম, নিয়তাকার কঠিন। জলে অদ্রাব্য CS_2-তে দ্রাব্য, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·83, তড়িতের কুপরিবাহী, তীব্র বিষ।	লালবর্ণ, প্রধানত অনিয়তাকার কঠিন, গন্ধহীন, জলে ও CS_2-তে অদ্রাব্য, আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·1—2·2, অল্প তড়িৎ-পরিবাহী, বিষাক্ত নয়।
গলনাঙ্ক	44·1°C	নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই ; 590°C-তে নরম হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়।
জ্বলনাঙ্ক	শুষ্ক বায়ুতে 50°C	250°C

ধর্ম	সাদা ফসফরাস	লাল ফসফরাস
তাপের প্রভাব	240° সেন্টিগেডে লাল ফসফরাসে পরিণত হয়।	550° সেন্টিগ্রেডে উদ্ভূত বাষ্পকে শীতল করিলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যায়।
রাসায়নিক সক্রিয়তা	অতিশয় সক্রিয়	সাদা ফসফরাস অপেক্ষা কম সক্রিয়।
বায়ুর সহিত বিক্রিয়া	সাধারণ উষ্ণতায় ধীরগতি দহনের সহিত সবুজাভ অনুপ্রভা; 50°C-তে জ্বলিয়া উঠিয়া P_2O_5 উৎপন্ন করে।	সাধারণ উষ্ণতায় শুষ্ক বায়ুতে জারিত হইয়া অনুপ্রভা দেয় না। 250°C°-তে জ্বলিয়া উঠিয়া P_2O_5 উৎপন্ন করে।
হ্যালোজেনের সহিত বিক্রিয়া	সাধারণ উষ্ণতায় হ্যালোজেনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠিয়া তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে।	উত্তপ্ত না করিলে হ্যালোজেনের সংস্পর্শে তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া বিক্রিয়া করে না।
ঘন HNO_3-এর সহিত বিক্রিয়া	তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে।	ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে।
ঘন KOH-এর সহিত বিক্রিয়া	ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন করে।	কোনও বিক্রিয়া হয় না।

ব্যবহার ঃ (১) সাদা ফসফরাস হইতে লাল ফসফরাসে উৎপাদনের জন্য; ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড, ফসফরাসের বিভিন্ন হ্যালাইড, ক্যালসিয়াম হাইপোফসফাইট ইত্যাদি বিভিন্ন ফসফরাস যৌগ প্রস্তুতির জন্য; আগুনে বোমা, ধূম্রসৃষ্টিকারী বোমা ইত্যাদি যুদ্ধাস্ত্র তৈয়ারী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। বিভিন্ন ধাতু-সংকর উৎপাদনের কাজে এবং ইঁদুর মারিবার বিষ হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

(১) লাল ফরফরাসকে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড ইত্যাদির প্রস্তুতিতে এবং সেফ্‌টি ম্যাচ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। আধুনিক যুগে যে-কোনও স্থানে ঘষিয়া জ্বালাইবার দিয়াশলাইয়ের কাঠিতে ফসফরাস সালফাইড (P_4S_2) এবং পটাসিয়াম ক্লোরেট বা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মত কোনও জারক দ্রব্য, কাচ চূর্ণের সহিত আঠা দিয়া আটকানো থাকে। কিন্তু সেফ্‌টি ম্যাচের কাঠির মাথায় ফসফরাস বা ফসফরাসঘটিত কোনও যৌগ উপস্থিত থাকে না। ইহা প্রস্তুত করা হয় অ্যান্টিমনি সালফাইড, সালফার, পটাসিয়াম ক্লোরেট বা রেড লেড মিশ্রণের সাহায্যে। কিন্তু দিয়াশলাই বাক্সের গায়ে কাঠি ঘষিবার জায়গায় লাল ফসফরাস ও সূক্ষ্ম কাচচূর্ণের একটি মিশ্রণ আঠার সাহায্যে প্রলেপ হিসাবে আটকানো থাকে।

ফসফিন

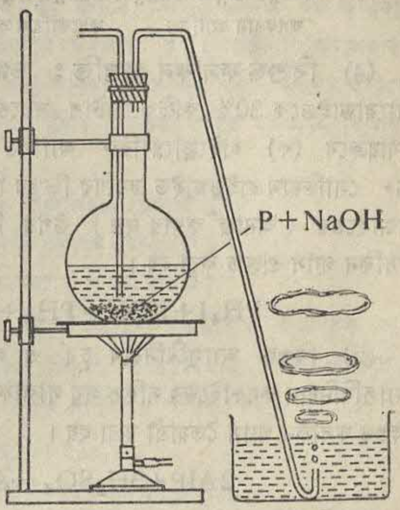
আণবিক সঙ্কেত PH_3 আণবিক গুরুত্ব 34 বাষ্পীয় ঘনত্ব 17

1783 খ্রীস্টাব্দে গেনগেমব্রে (Gengembre) সাদা ফসফরাস এবং ক্ষারের বিক্রিয়ার সাহায্যে এই গ্যাস প্রথম প্রস্তুত করেন।

ফসফিন প্রস্তুত প্রণালী ঃ

(ক) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী ঃ** তলদেশ পর্যন্ত প্রসারিত প্রবেশনল ও

বক্র নির্গম-নল সংযুক্ত একটি ফ্লাস্কের মধ্যে 30%-40% কস্টিক সোডা দ্রবণ ও কয়েক খণ্ড ফসফরাস লইয়া নির্গম-নলের খোলা প্রান্তকে একটি গ্যাসদ্রোণীর জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়। অতঃপর প্রবেশনলের মাধ্যমে কোলগ্যাস চালনা করিয়া ফ্লাস্কের ভিতরকার বায়ু অপসারিত করার পর ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া গ্যাসদ্রোণীর জলের ভিতর হইতে বুদ্‌বুদ আকারে নির্গত হইতে থাকে এবং বায়ুসংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রজ্বলিত হইয়া ভরটেক্স বলয়ের (vortex ring) আকারে মেটাফসফোরিক অ্যাসিড কণিকাদ্বারা গঠিত সাদা ধূম্রবলয় উৎপন্ন করে (চিত্র 5.4)।



চিত্র 5·4 পরীক্ষাগারে ফসফিন প্রস্তুতি

অবশ্য প্রকৃতপক্ষে বিশুদ্ধ ফসফিন স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রজ্বলিত হয় না। উপরিউক্ত প্রণালীতে উৎপন্ন ফসফিনে কিছু ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে বলিয়াই এরূপ স্বতঃস্ফূর্ত দহন ঘটে। উৎপন্ন অশুদ্ধিমুক্ত গ্যাসকে হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড (P_2H_4) তরলে পরিণত হইয়া গ্যাস হইতে পৃথক হইয়া যায় এবং অশুদ্ধিমুক্ত ফসফিনকে তখন জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা যায়।

$$\overset{0}{4P} + 3NaOH + 3H_2O = \overset{-3}{P}H_3 + 3NaH_2\overset{+1}{P}O_2$$

ফসফিন সোডিয়াম হাইপোফসফাইট

$$\overset{0}{6P} + 4NaOH + 4H_2O = \overset{2(-2)}{P_2}H_4 \text{ (ফসফরাস ডাইহাইড্রাইড)} + 4NaH_2\overset{+1}{P}O_2$$

অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী :

(1) সাদা ফসফরাসকে জিঙ্ক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে বিজারিত করিলে হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ফসফিন উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে জ্বালাইয়া দিলে উহা সবুজাভ শিখার সহিত জ্বলিয়া সাদা ফসফরাসের উপস্থিতি সনাক্ত করে। $P + 3[H] = PH_3$

(2) বাণিজ্যিক ক্যালসিয়াম ফসফাইডে বিন্দু বিন্দু জল যোগ করিলেও ফসফিন উৎপন্ন হইয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে (P_2H_4-এর উপস্থিতির জন্য) জ্বলিতে থাকে কিন্তু বাণিজ্যিক ক্যালসিয়াম ফসফাইডের পরিবর্তে বিশুদ্ধ যৌগ ব্যবহার করিলে এইরূপ স্বতঃস্ফূর্ত দহন হয় না। $Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$

(3) ফসফরাস অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন নির্গত হয়।

$$\overset{+3}{4H_3PO_3} = \overset{-3}{PH_3} + \overset{+5}{3H_3PO_4}$$

ফসফরাস অ্যাসিড ফসফোরিক অ্যাসিড

(4) **বিশুদ্ধ ফসফিন প্রস্তুতি :** ভগ্ন কাচখণ্ডের সহিত মিশ্রিত ফসফোনিয়াম আয়োডাইডকে 30% কস্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিয়া নির্গত গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে (ক) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (H_2P_4-কে বিয়োজিত করার জন্য) ও (খ) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া এবং অবশেষে (গ) ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের (অনার্দ্র করার জন্য) উপর দিয়া চালিত করিয়া পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$$PH_4I + KOH = PH_3 + KI + H_2O$$

(5) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও লাল ফসফরাসকে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত অ্যালুমিনিয়াম ফসফাইডের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাহায্যেও বিশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস তৈয়ারী করা হয়।

$$2AlP + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 2PH_3$$

ফসফিনের ধর্ম :

ভৌতধর্ম : ফসফিন পচা মাছের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন বিষাক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে অল্প পরিমাণ দ্রাব্য। শীতল করিলে ইহা −87·4°C-এ তরলে পরিণত হয়। তরল ফসফিন ও জলের মিশ্রণকে উচ্চচাপ হইতে হঠাৎ সাধারণ চাপে লইয়া আসিলে [PH_3, H_2O] সঙ্কেতের কেলাস উৎপন্ন হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) 440°C তাপমাত্রার উপরে উত্তপ্ত করিলে অথবা গ্যাসটির ভিতর দিয়া তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করিলে ফসফিন বিয়োজিত হইয়া লাল ফসফরাস ও হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয়।

$$4PH_3 = P_4 + 6H_2$$

(ii) বিশুদ্ধ ফসফিন সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুসংস্পর্শে প্রজ্বলিত হয় না, কিন্তু 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সামান্য বিস্ফোরণসহ জ্বলিয়া উঠিয়া ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

$$2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O$$

(iii) ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে ইহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড ও ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$PH_3 + 3Cl_2 = PCl_3 + 3HCl$$

$$PH_3 + 4Cl_2 = PCl_5 + 3HCl$$

(iv) ফসফিনের ফসফরাস পরমাণুর বহিঃস্থ খোলকে অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেনের

মতই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল (lone pair of electrons) বর্তমান, কিন্তু ফরফরাস পরমাণু কেন্দ্রকের ধনাত্মক তড়িদাধানের পরিমাণ নাইট্রোজেন অপেক্ষা বেশি হওয়ায়, ফসফিনের প্রোটন আকর্ষণ করিয়া অসমযোজী বন্ধনে নিজের সহিত যুক্ত করিবার ক্ষমতা, অর্থাৎ ক্ষারকীয় ধর্ম, অ্যামোনিয়ার তুলনায় কম। ইহা লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করিতে অথবা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করিতে পারে না, তবে হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফসফানিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।

$NH_3 + HCl = NH_4Cl$ (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)

$PH_3 + HCl = PH_4Cl$ (ফসফোনিয়াম ক্লোরাইড)

$PH_3 + HI = PH_4I$ (ফসফোনিয়াম আয়োডাইড)

(v) ফসফিন কপার সালফেট দ্রবণ হইতে কালো কিউপ্রিক ফসফাইড এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে হলুদবর্ণের $Ag_3P, 3AgNO_3$ অধঃক্ষিপ্ত করে; শেষোক্ত অধঃক্ষেপ পরে বিয়োজিত হইয়া ধাতব সিলভারে পরিণত হয়।

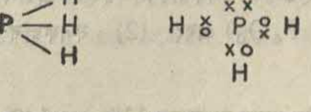
$3CuSO_4 + 2PH_3 = 3H_2SO_4 + Cu_3P_2$

$PH_3 + 6AgNO_3 = Ag_3P, 3AgNO_3 + 3HNO_3$

$Ag_3P, 3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3$

ফসফিনের সংযুতি : একটি ইউডিয়োমিটার নলে মার্কারির উপরে নির্দিষ্ট আয়তন ফসফিন লইয়া উহার মধ্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করিলে ফসফিন বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস ও কঠিন লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। দেখা যায় যে, দুই আয়তন ফসফিন হইতে বিয়োজনের ফলে তিন আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়াছে। সুতরাং অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প অনুযায়ী 2 অণু ফসফিনের মধ্যে 3 অণু হাইড্রোজেন বা 6 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে এবং ইহার আণবিক সঙ্কেতকে P_xH_3 ধরা যায়। যেহেতু ফসফিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 17, সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব 34 অর্থাৎ $31x + 3 = 34$ বা $x = 1$ $\therefore$ ফসফিনের আণবিক সঙ্কেত PH_3.

ফসফিনের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন :



সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) ইহা বর্ণহীন পচা মাছের গন্ধযুক্ত গ্যাস। (ii) ইহার বায়ুতে দহনের ফলে আম্লিক ধর্মবিশিষ্ট বিক্রিয়াজাত পদার্থ পাওয়া যায়। (iii) ইহা কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে চালিত হইলে কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে চালিত হইলে হলুদ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে যাহা ধীরে ধীরে কালো হইয়া উঠে।

অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের তুলনা

অ্যামোনিয়া	ফসফিন
(i) বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, বায়ু অপেক্ষা লঘু গ্যাস। বিষাক্ত নয়।	(i) বর্ণহীন পচামাছের গন্ধযুক্ত, বায়ু অপেক্ষা ভারী, বিষাক্ত গ্যাস।
(ii) জলে দ্রাব্যতা খুব বেশি; জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন হয় ও উহা লাল লিটমাসকে নীল করে।	(ii) জলে দ্রাব্যতা খুব কম; জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন হয় না ও উহা লাল লিটমাসকে নীল করে না।
(iii) ক্ষারধর্মী; সকল অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ উৎপন্ন করে। $NH_3+HCl=NH_4Cl$ $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$	(iii) ক্ষীণ ক্ষারকীয় ধর্ম; হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ উৎপন্ন করে। $PH_3+HCl=PH_4Cl$ $PH_3+HI=PH_4I$
(iv) NH_4Cl-এর সহিত $NaOH$-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।	(iv) PH_4I-এর সহিত $NaOH$-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।
(v) উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অথবা তড়িৎক্ষরণ করিলে উপাদান মৌলে বিয়োজিত হয়; $2NH_3 \rightleftharpoons N_2+3H_2$	(v) উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে অথবা তড়িৎ-ক্ষরণ করিলে লাল ফসফরাস ও H_2-তে বিয়োজিত হয়; $4PH_3=P_4+6H_2$
(vi) দহনের সহায়ক নয়, বায়ুতে দাহ্যও নয়। কিন্তু O_2 পরিমণ্ডলে দহনশীল। $4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$	(vi) দহনের সহায়ক নয়। দাহ্য; P_2H_4-এর উপস্থিতিতে ঘরের তাপমাত্রায় এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় 150°C-তে উত্তপ্ত করিলে জ্বলিয়া উঠে। $2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$
(vii) ঘরের তাপামাত্রায় Cl_2-এর সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া NH_4Cl ও N_2 অথবা NCl_3 উৎপন্ন করে।	(vii) Cl_2-এর সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠিয়া PCl_3 ও PCl_5 উৎপন্ন করে।
(viii) বিজারণ ধর্ম আছে, বিশেষত উচ্চতর তাপমাত্রায়।	(viii) তীব্র বিজারক।
(ix) অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে চালিত হইলে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। $3NH_3+3H_2O+FeCl_3$ $=Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$	(ix) কতকগুলি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে চালিত হইলে ধাতব ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। $3CuSO_4+2PH_3=3H_2SO_4+Cu_3P_2\downarrow$

ফসফরাসের অক্সাইড: ফসফরাসের দুইটি প্রধান অক্সাইড: (1) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3 বা P_4O_6) এবং (2) ফসফরাস পেণ্ট-ক্সাইড (P_2O_5 বা P_4O_{10})।

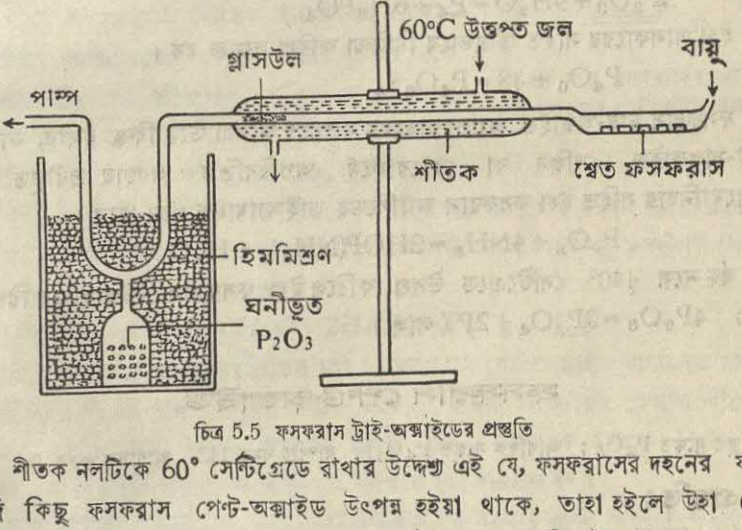
অক্সাইড দুইটির বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 110 এবং 142, অর্থাৎ উহাদের আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 220 ও 284 এবং আণবিক সঙ্কেত P_4O_6 ও P_4O_{10}। কিন্তু উহাদের সাধারণত স্থূল সঙ্কেত অনুযায়ী ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড ও ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড নামে পরিচয় দেওয়া হয়। এই দুইটি অক্সাইড ব্যতীত ফসফরাসের ফসফরাস টেট্রক্সাইড P_2O_4 নামে আরও একটি অক্সাইড আছে।

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড

স্থূল সঙ্কেত P_2O_3 ; আণবিক সঙ্কেত P_4O_6 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 110 ; আণবিক গুরুত্ব 220

অপ্রতুল বায়ুর উপস্থিতিতে ফসফরাসের দহনের ফলে যে-ফসফরাসের এই নিম্নতর অক্সাইডটি উৎপন্ন হয়, 1777 খ্রীস্টাব্দে সাগে (Sage) তাহা প্রথম লক্ষ্য করেন। কিন্তু বিশুদ্ধ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রথম প্রস্তুত করেন থর্প এবং টুটন।

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডের প্রস্তুত প্রণালী : পর্যায়ক্রমে একটি শীতক (condenser) এবং হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের সহিত একপ্রান্ত সংযুক্ত দৃঢ় কাচনলের মধ্যে সাদা ফসফরাস লইয়া উহার অন্যপ্রান্ত দিয়া নিয়ন্ত্রিত পরিমাণ বায়ু প্রবাহিত করা হয়। শীতকনলের নির্গমপ্রান্তের কাছে কিছু গ্লাসউল ঢোকানো থাকে এবং শীতকনলটিকে 60° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত ঈষদুষ্ণ জল দ্বারা শীতল করিবার ব্যবস্থা থাকে। অতঃপর দৃঢ় কাচনলটিকে মৃদুভাবে উত্তপ্ত করিলে সাদা ফসফরাস জ্বলিয়া উঠিয়া ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং বায়ুপ্রবাহের সহিত বাষ্পাকারে নির্গত হইয়া U-নলের মধ্যে ঘনীভূত হইয়া জমে (চিত্র 5.5)। $P_4+3O_2=2P_2O_3$



চিত্র 5.5 ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি

শীতক নলটিকে 60° সেন্টিগ্রেডে রাখার উদ্দেশ্য এই যে, ফসফরাসের দহনের ফলে যদি কিছু ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে, তাহা হইলে উহা 60° সেন্টিগ্রেডে কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং গ্লাসউল দ্বারা বন্দী হইয়া U-নলে প্রবেশ করিতে পারে না।

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : ইহা ঝাঁঝালো আম্লিক গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, বিশুদ্ধ অবস্থায় নিয়তাকার (মনোক্লিনিক) এবং অশুদ্ধিযুক্ত অবস্থায় মোমসদৃশ কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 23·8°C, স্ফুটনাঙ্ক 173·1°C। বাষ্পীয় ঘনত্ব এবং বেঞ্জিন দ্রবণের হিমাঙ্কের অবনয়ন হইতে নির্ধারিত আণবিক সঙ্কেত P_4O_6। ইহার বিষক্রিয়া আছে।

রাসায়নিক ধর্ম: ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড সম্পূর্ণ অশুদ্ধিমুক্ত না হইলে সূর্যালোকের প্রভাবে লাল হইয়া উঠে। ইহার কারণ অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত সাদা ফসফরাসের লাল ফসফরাসে রূপান্তর। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা অনুপ্রভা (Phosphorescence) প্রদর্শন করিতে পারে না। বাতাস অথবা অক্সিজেনের সংস্পর্শে ইহা পেণ্ট-অক্সাইডে পরিণত হয়, 70° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত হইলে বাতাসে এবং 50°C-তে অক্সিজেনে জ্বলিয়া উঠে। $P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$

ক্লোরিনের সংস্পর্শে ইহা সাধারণ তাপমাত্রাতেই জ্বলিয়া উঠিয়া ফসফরাস অক্সি-ক্লোরাইড ($POCl_3$) ও মেটাফসফোরিল ক্লোরাইড (PO_2Cl) উৎপন্ন করে।

$$P_2O_3 + 2Cl_2 = POCl_3 + PO_2Cl$$

শীতল জলে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া ইহা ফসফরাস অ্যাসিডে (H_3PO_3) পরিণত হয় কিন্তু উষ্ণ জলের সহিত বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করিয়া ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4), ফসফিন (PH_3) এবং লাল ফসফরাস উৎপন্ন করে।

$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3 \; ; \quad 2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4$$

$$5P_2O_3 + 9H_2O = P_4 + 6H_3PO_4$$

ইহা সালফারের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া সংযুক্ত হয়।

$$P_4O_6 + 4S = P_4O_6S_4$$

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড অ্যালকোহলের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে কিন্তু ইথার, কার্বন ডাই-সালফাইড, বেঞ্জিন বা ক্লোরোফর্মে অপরিবর্তিত অবস্থায় দ্রবীভূত হয় অ্যামোনিয়ার সহিত ইহা ফসফরাস অ্যাসিডের ডাইঅ্যামাইড গঠন করে।

$$P_2O_3 + 4NH_3 = 2HOP(NH_2)_2 + H_2O$$

বদ্ধ নলে 440° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে ইহা ফসফরাস টেট্রক্সাইডে পরিণত হয়; $4P_2O_3 = 3P_2O_4 + 2P$ (লাল)

ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড

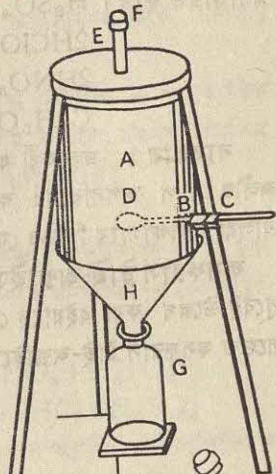
স্থূল সঙ্কেত P_2O_5; আণবিক সঙ্কেত P_4O_{10}, বাষ্পীয় ঘনত্ব 142, আণবিক গুরুত্ব 284

প্রস্তুতি:

(i) **সাদা ফসফরাসের জারণ দ্বারা:** বেশি পরিমাণ ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড প্রস্তুতির জন্য চিত্র 5·6-তে প্রদর্শিত যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। যন্ত্রটিতে একটি লোহার চোঙা (A), (F) চিমনী সংযুক্ত ঢাকনা (E) দ্বারা আবৃত থাকে। চোঙাটি একটি তিনপায়া স্ট্যাণ্ডের সাহায্যে লোহার ফানেলের (H) উপর দাঁড় করানো থাকে। ফানেলের সরু নিম্নাংশ একটি চওড়ামুখ বোতল (G)-এর মধ্যে মাপসইভাবে আটকাইয়া বোতলটিকে একটি কাঠের তক্তার (I) সাহায্যে যতদূর সম্ভব উপরে তুলিয়া রাখা হয়। লোহার চোঙাটির গায়ে প্রবেশপথের (C) মাধ্যমে চোঙাটির মধ্যে প্রজ্বলিত সাদা ফসফরাস পূর্ণ একটি তামার চামচ অনুপ্রবিষ্ট করা হয় এবং তক্তা

(I)-কে সরাইয়া ফানেল (H) এবং চোঙা (A) এর মধ্যে সৃষ্ট ফাঁকের মধ্য দিয়া যন্ত্রের মধ্যে বায়ুপ্রবেশের ব্যবস্থা করা হয়। ফসফরাস পুড়িয়া শেষ হইয়া গেলে চামচের মধ্যে পুনরায় সাদা ফসফরাস যোগ করা হয় এবং বোতলে সঞ্চিত ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড চূর্ণ বাহির করিয়া আনিয়া শক্তভাবে ছিপি আঁটিয়া রাখা হয়।

$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$



চিত্র 5.6 সাদা ফসফরাসের জারন দ্বারা ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড প্রস্তুতি

এইরূপে উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের মধ্যে অল্প ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড এবং মেটাফসফোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। ইহাকে দৃঢ়কাচনল অথবা লোহার নলের মধ্যে লইয়া শুষ্ক বায়ু বা অক্সিজেনের স্রোতের মধ্যে বাষ্পীভূত করিলে উৎপন্ন বাষ্পকে শীতলীকৃত শীতকের মধ্যে জমাইয়া অশুদ্ধিমুক্ত ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড সংগ্রহ করা যায়।

(ii) ফসফরাসের নিম্নতর অক্সাইডকে ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেনের স্রোতে 200° সেণ্টিগ্রেডে অথবা বায়ু বা অক্সিজেন পরিমণ্ডলে উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$

(iii) অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডকে লোহিততপ্ত অবস্থায় দীর্ঘকাল উত্তপ্ত করিলে উৎপন্ন কাচসদৃশ বস্তুর মধ্যে মেটাফসফোরিক অ্যাসিডের সহিত কিছু ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের উপস্থিতিও লক্ষ্য করা যায়।

$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$; $2HPO_3 = P_2O_5 + H_2O$

ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের ধর্ম ঃ ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড সাধারণত সাদা-চূর্ণ হিসাবে পাওয়া যায়। ইহার কয়েক প্রকার বিভিন্ন আকারের কেলাস আছে। ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 142 ; সুতরাং ইহার সঠিক আণবিক সঙ্কেত P_4O_{10}। আলোকে উদ্ভাসিত করার পর অন্ধকারে রাখিলে ইহা অনুপ্রভ হয়।

ইহা আম্লিক অক্সাইড। ইহার জলের সহিত যুক্ত হইবার প্রবল আসক্তি বর্তমান। বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখিলে ইহা জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া ভিজা ও আঠালো হইয়া উঠে এবং মেটাফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হইতে থাকে। জলে নিক্ষিপ্ত হইলে ইহা হিস্ হিস শব্দসহ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মেটাফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় ; $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$। উৎপন্ন মেটাফসফোরিক অ্যাসিডকে জলের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে উহা ধীরে ধীরে আতরিক্ত পরিমাণ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে পাইরো ও পরে অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$2HPO_3 + H_2O = H_4P_2O_7$ (পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড)

$H_4P_2O_7 + H_2O = 2H_3PO_4$ (অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড)

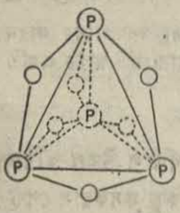
উত্তপ্ত করিলে এই পরিবর্তনের হার দ্রুততর হয়।

ইহা বিভিন্ন যৌগ হইতে জল অপসারিত করিয়া নিরুদকে বা স্বতন্ত্র যৌগে রূপান্তরিত করে। $H_2SO_4 + P_2O_5 = SO_3 + 2HPO_3$;

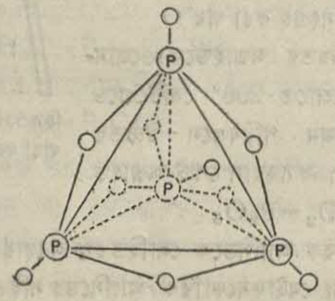
$$2HClO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + Cl_2O_7$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$
$$C_2H_5OH + P_2O_5 = C_2H_4 + 2HPO_3$$

ব্যবহার : জলাকর্ষী ধর্মের জন্য ইহাকে ডেসিকেটারে এবং বিভিন্ন গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প অপসারণের কাজে ব্যবহার করা হয়। জলের অণু অপসারণে সক্ষম বলিয়া পরীক্ষাগারে বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার আছে।

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড ও ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের আণবিক গঠন : পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, বাষ্পীয় ঘনত্ব পরিমাপ করিয়া নির্ধারিত আণবিক সঙ্কেত ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডের P_4O_6 এবং ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের P_4O_{10} ।



চিত্র 5.7 ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড



ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড

P_4O_6-এর মধ্যে একটি সুসম চতুস্তলকের চারটি কোণে চারটি ফসফরাস পরমাণু অবস্থিত এবং চতুস্তলকটির ছয়টি বাহুর মধ্যবিন্দুর কাছে এক একটি অক্সিজেন পরমাণু অবস্থিত থাকিয়া প্রান্তের দুই ফসফরাস পরমাণুর সহিত চিত্র 5.7 অনুযায়ী 125° কোণ উৎপন্ন করিয়াছে। ফসফরাস হইতে অক্সিজেনের দূরত্ব 1.64Å দ্বিযোজী বন্ধনের পরিচয়জ্ঞাপক। P_4O_{10}-এর মধ্যে P_4O_6 এর গঠনের সহিত চারটি অক্সিজেন পরমাণুর প্রত্যেকে এক একটি ফসফরাস পরমাণুর সন্নিকটে 1.39Å দূরত্বে সংযুক্ত হইয়াছে (চিত্র 5.7)।

ফসফরাস অ্যাসিড

প্রস্তুতি : (i) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডকে শীতল জলে দ্রবীভূত করিলে ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$ (ফসফরাস অ্যাসিড)

(ii) ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুতির সর্বাপেক্ষা সুবিধাজনক পদ্ধতি হইল ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ।

$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$; ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহারের জন্য আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত হইয়া তাপমোচন করার সুযোগ পায় না, গ্যাস আকারেই নির্গত হয়। অতঃপর দ্রবণটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে 180° সেণ্টিগ্রেডে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দূরীভূত হইয়া যায় এবং শীতল করিলে ফসফরাস অ্যাসিড কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়।

(iii) ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডকে অক্সালিক অ্যাসিড কেলাসের সহিত উত্তপ্ত করিয়া, বুদ্‌বুদ নির্গমন বন্ধ হইবার পর শীতল করিলেও, ফসফরাস অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়। $PCl_3+3(COOH)_2=H_3PO_3+3CO+3CO_2+3HCl$

ফসফরাস অ্যাসিডের ধর্ম ঃ ইহা উদ্‌গ্রাহী সাদা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 73·6°C।

200° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া ফসফিন ও ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং বায়ু পরিমণ্ডলে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করিলে, উৎপন্ন ফসফিন গ্যাস নির্গত হইবার সঙ্গে সঙ্গে আলোকশিখা সৃষ্টি করিয়া জ্বলিয়া উঠে।

$$4H_3PO_3=PH_3+3H_3PO_4$$

ফসফরাস অ্যাসিড শক্তিশালী বিজারক, গোল্ড ও সিলভার ধাতুর লবণ হইতে ইহা মুক্ত ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে এবং মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে মারকিউরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে।

$$2AgNO_3+H_3PO_3+H_2O=2Ag+2HNO_3+H_3PO_4$$
$$2HgCl_2+H_3PO_3+H_2O=Hg_2Cl_2\downarrow+2HCl+H_3PO_4$$

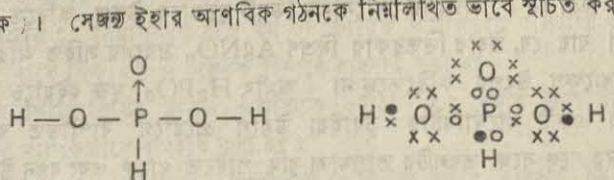
অধঃক্ষিপ্ত মারকিউরাস ক্লোরাইডকে অতিরিক্ত ফসফরাস অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফুটাইলে উহা আংশিকভাবে আরও বিজারিত হইয়া মুক্ত মারকারিতে পরিণত হয়।

$$Hg_2Cl_2+H_3PO_3+H_2O=2Hg+2HCl+H_3PO_4$$

ফসফরাস অ্যাসিড সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবণ হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে এবং পারম্যাঙ্গানেট লবণ বা আয়োডিন দ্বারা ধীরে ধীরে জারিত হয়।

$$SO_2+2H_3PO_3=2H_3PO_4+S\downarrow$$
$$I_2+H_2O+H_3PO_3=2HI+H_3PO_4$$

ফসফরাস অ্যাসিড দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড। যদিও অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা $P(OR)_3$ সাধারণ সঙ্কেতের এস্টারও গঠন করে কিন্তু অজৈব লবণ গঠনকালে ইহা সর্বদা দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড হিসাবেই কার্যকর হয় এবং M_2HPO_3 সঙ্কেতের পূর্ণ লবণ এবং MH_2PO_3 সঙ্কেতের অ্যাসিড লবণ উৎপন্ন করে (যেখানে M = একযোজী ধাতবমূলক)। সেজন্য ইহার আণবিক গঠনকে নিম্নলিখিত ভাবে সূচিত করা হয়ঃ



ফসফোরিক অ্যাসিড ঃ ফসফোরিক অ্যাসিডকে অর্থাৎ পঞ্চযোজী ফসফরাসের অক্সি-অ্যাসিডকে নিম্নলিখিত তিনটি আণবিক সঙ্কেতে পাওয়া যায়।

H_3PO_4 (অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড), $H_4P_2O_7$ (পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড) এবং HPO_3 (মেটাফসফোরিক অ্যাসিড)। তবে শুধু ফসফোরিক অ্যাসিড বলিলে সাধারণভাবে অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড বুঝায়।

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড

আণবিক সঙ্কেত H_3PO_4 আণবিক গুরুত্ব 98

প্রকৃতিতে ইহার বিভিন্ন লবণকে আকরিক হিসাবে পাওয়া যায়। 1743 খ্রীস্টাব্দে মার্গগ্রাফ (Marggraf) ফসফরাস পোড়াইয়া এই অ্যাসিড প্রস্তুত করেন, কিন্তু তাঁহার পরীক্ষালব্ধ ফলাফল প্রথম ল্যাভয়সিয়র ব্যাখ্যা করেন।

প্রস্তুতি ঃ

(i) বাণিজ্যিক ফসফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য সাধারণত অস্থিভস্ম অথবা ক্যালসিয়াম ফসফেট আকরিককে 1·5 আপেক্ষিক গুরুত্বের সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কয়েক ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$। বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন সামান্য দ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটকে কোকমাধ্যমে পরিস্রাবণ করিয়া দূরীভূত করা হয় এবং পরিস্রুত ফসফোরিক অ্যাসিড দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া 1·7 আপেক্ষিক গুরুত্বের (85% H_3PO_4) সিরাপে পরিণত করা হয়। এইরূপে উৎপন্ন ফসফোরিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ নহে। ইহার মধ্যে প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট $Ca(H_2PO_4)_2$ অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে।

(ii) ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডকে জলের সহিত ফুটাইলে বিশুদ্ধ অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

(iii) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য সাধারণত লাল ফসফরাসকে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করা হয়।

$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

একটি রিফ্লাক্স কন্‌ডেনসার যুক্ত গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে 112 ml ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড এবং 183 ml জল লইয়া, উহার মধ্যে পাঁচ ছয়বারে মোট 31 gm লাল ফসফরাস যোগ করিয়া উত্তাপের সাহায্যে (খুব তীব্র বিক্রিয়া হইলে উত্তাপদান বন্ধ রাখা হয়) দ্রবীভূত করা হয়। সমগ্র লাল ফসফরাস দ্রবীভূত হইবার পর 20 ml ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফ্লাস্কের মধ্যে যোগ করিয়া মিশ্রণটি একটি পোর্সেলিন ডিসের মধ্যে স্থানান্তরিত করা হয়। অতঃপর পোর্সেলিন ডিসটি মৃদুভাবে উত্তপ্ত করিতে করিতে যখন দেখা যায় যে, উহার ভিতরকার মিশ্রণ $AgNO_3$ দ্রবণের সহিত আর কোনও কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করিতেছে না (অর্থাৎ H_3PO_3 মুক্ত হইয়াছে), তখন ঐ মিশ্রণে একটি থার্মোমিটার ডুবাইয়া উত্তাপ প্রয়োগে বাষ্পীভূত করা হয়। বাষ্পীভবনের সঙ্গে সঙ্গে তরলটির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং যখন উহা 180° সেন্টিগ্রেডে পৌছায় তখন ডিসটিকে নামাইয়া, ডেসিকেটারের ভিতরে বসাইয়া শীতল করিলে, অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ ফসফোরিক অ্যাসিড বর্ণহীন নিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহার রম্বিক কেলাস রূপের গলনাঙ্ক 38·6°-42·3°C। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই অধিক।

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড ত্রিক্ষারিক অ্যাসিড। ইহা তিন শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করিতে পারে: (1) প্রাইমারী, যথা NaH_2PO_4; (2) সেকেণ্ডারী, যথা Na_2HPO_4 এবং (3) টারসিয়ারী, যথা Na_3PO_4। শুধু ফসফেট বলিতে অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডের লবণকেই বুঝায়। সাধারণ সোডিয়াম ফসফেট আসলে একটি সেকেণ্ডারী লবণ Na_2HPO_4, $12H_2O$; কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ প্রশম। অপরপক্ষে প্রাইমারী সোডিয়াম ফসফেটের (NaH_2PO_4) জলীয় দ্রবণ সামান্য অ্যাসিডধর্মী এবং টারসিয়ারী সোডিয়াম ফসফেটের জলীয় দ্রবণ আর্দ্রবিশ্লেষণের জন্য ক্ষারধর্ম প্রকাশ করে।

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডকে 213°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডে ($H_4P_2O_7$) এবং 316°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে মেটাফসফোরিক অ্যাসিডে (HPO_3) পরিণত হয়।

$$2H_3PO_4 \xrightarrow[213^\circ C]{-H_2O} H_4P_2O_7 \xrightarrow[316^\circ C]{-H_2O} HPO_3$$

উচ্চতর তাপমাত্রায় HPO_3 আংশিকভাবে নিরুদিত হইয়া P_2O_5 উৎপন্ন করে।

$$2HPO_3 = P_2O_5 + H_2O$$

সনাক্তকরণ পরীক্ষা: (i) অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সাধারণ তাপমাত্রায় অথবা সামান্য উত্তপ্ত করিলে, অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যানারি হলুদ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

(ii) ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ* অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড অথবা উহার লবণের সহিত অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করিয়া ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেটের ($MgNH_4PO_4, 6H_2O$) সাদা কেলাসাকার অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

(iii) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডের লবণ বিক্রিয়া করিয়া হলুদ রঙের সিলভার ফসফেটের Ag_3PO_4) অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

ব্যবহার: সিরাপসদৃশ সান্দ্র ঘন ফসফোরিক অ্যাসিডকে 'সিরাপী ফসফোরিক অ্যাসিড' নামে বিকারক ও নিরুদক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

ঔষধ শিল্পে বিভিন্ন টনিক প্রস্তুতিতে ইহাকে এবং ইহার লবণ বা গ্লিসারিল এস্টারকে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

প্লাস্টিক শিল্পে প্লাস্টিসাইজার হিসাবে ইহার বিভিন্ন এস্টার ব্যবহৃত হয়।। ট্রিপল সুপারফসফেট সার প্রস্তুত করার জন্য প্রচুর পরিমাণ ফসফোরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। এতদ্ব্যতীত ইহার বিভিন্ন প্রকার ক্যালসিয়াম লবণ সার হিসাবে সর্বত্র ব্যবহৃত হয়।

---

* দ্রষ্টব্য: ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ: $MgCl_2$, NH_4Cl এবং NH_3 যুক্ত দ্রবণ।

পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$)

প্রস্তুতি : (i) অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডকে 213°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা ধীরে ধীরে (240°C-এ দ্রুত) জল পরিত্যাগ করিয়া পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $2H_3PO_4 = H_4P_2O_7 + H_2O$

(ii) ফসফরাস অক্সিক্লোরাইডের সহিত অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড কেলাস মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$5H_3PO_4 + POCl_3 = 3H_4P_2O_7 + 3HCl$$

(iii) সাধারণ সোডিয়াম ফসফেট অথবা ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেটকে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে সোডিয়াম পাইরোফসফেট ও ম্যাগনেসিয়াম পাইরোফসফেট উৎপন্ন হয়।

$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O$$
$$2MgNH_4PO_4 = Mg_2P_2O_7 + 2NH_3 + H_2O$$

রাসায়নিক ধর্ম : (i) পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ রাখিয়া দিলে উহা ধীরে ধীরে, অথবা ফুটাইলে দ্রুতগতিতে, অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $H_4P_2O_7 + H_2O = 2H_3PO_4$

(ii) 316°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড মেটাফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $H_4P_2O_7 = 2HPO_3 + H_2O$

(iii) পারোফসফোরিক অ্যাসিড চতুঃক্ষারিক অ্যাসিড এবং অর্থোফসফোরিক-অ্যাসিড অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী। কিন্তু ইহার সুস্থিত লবণগুলি সাধারণত দুই শ্রেণীর $M_4P_2O_7$ এবং $M_2H_2P_2O_7$ (যেখানে M = একযোজী ধাতব মূলক)।

(iv) পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডের লবণে লেড নাইট্রেট যোগ করিলে লেড পাইরোফসফেটের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 + Na_4P_2O_7 = Pb_2P_2O_7 \downarrow + 4NaNO_3$$

এই জলে ভাসমান লেড পাইরোফসফেটের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড চালিত করিলে পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড মুক্ত হয়।

$$Pb_2P_2O_7 + 2H_2S = H_4P_2O_7 + 2PbS \downarrow$$

(v) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত পাইরোফসফেট লবণ বিক্রিয়া করিয়া সিলভার পাইরোফসফেটের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$4AgNO_3 + Na_4P_2O_7 = 4NaNO_3 + Ag_4P_2O_7 \downarrow$$

শেষোক্ত বিক্রিয়া দুইটি পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডের লবণ সনাক্তকরণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

মেটাফসফোরিক অ্যাসিড (HPO_3)

প্রস্তুতি : (1) অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড অথবা পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডকে

316°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহারা মেটাফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$; $H_4P_2O_7 = 2HPO_3 + H_2O$

(2) অ্যামোনিয়াম ফসফেটকে উত্তপ্ত করিলেও মেটাফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $(NH_4)_2HPO_4 = HPO_3 + 2NH_3 + H_2O$

(3) ফসফরাস অক্সি-ক্লোরাইডের সহিত সঠিক পরিমাণ অর্থো বা পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিডের কেলাস উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ মেটাফসফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। $2H_3PO_4 + POCl_3 = 3HPO_3 + 3HCl$

মেটাফসফোরিক অ্যাসিডের ধর্ম: অর্থো বা পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত মেটাফসফোরিক অ্যাসিড একটি আঠালো পদার্থ। উহাকে উচ্চ তাপমাত্রায় দীর্ঘক্ষণ উত্তপ্ত করিলে যে-কাচসদৃশ পদার্থ পাওয়া যায়, তাহার মধ্যে কিছু P_2O_5 উপস্থিত থাকে, কারণ উহাতে জলের সংস্পর্শে চট্‌পট শব্দ নির্গত হয়। এই চট্‌পট শব্দকারী কাচকে 24 ঘণ্টা লোহিততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে যে-ভঙ্গুর কাচ উৎপন্ন হয় তাহা উদগ্রাহী নয় কিন্তু বাণিজ্যিক মেটাফসফোরিক অ্যাসিডকে অল্পক্ষণ লোহিততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে যে-কাচ উৎপন্ন হয় তাহা উদগ্রাহী। শ্বেততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে মেটাফসফোরিক অ্যাসিড বাষ্পে রূপান্তরিত হয় এবং বাষ্পীয় ঘনত্ব উহার আণবিক সঙ্কেত $(HPO_3)_2$ সূচিত করে। কিন্তু লেড মেটা-ফসফেট দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড চালিত করার ফলে উৎপন্ন মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত HPO_3।

$$Pb(PO_3)_2 + H_2S = PbS\downarrow + 2HPO_3$$

আবার উদগ্রাহী কাচের ন্যায় মেটাফসফোরিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত $(HPO_3)_3$।

মেটাফসফোরিক অ্যাসিড ডিমের সাদা অংশের সংস্পর্শে আসিবার সঙ্গে সঙ্গে উহার তঞ্চন (coagulation) ঘটায় এবং বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত অ্যাসিড দ্রবণে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

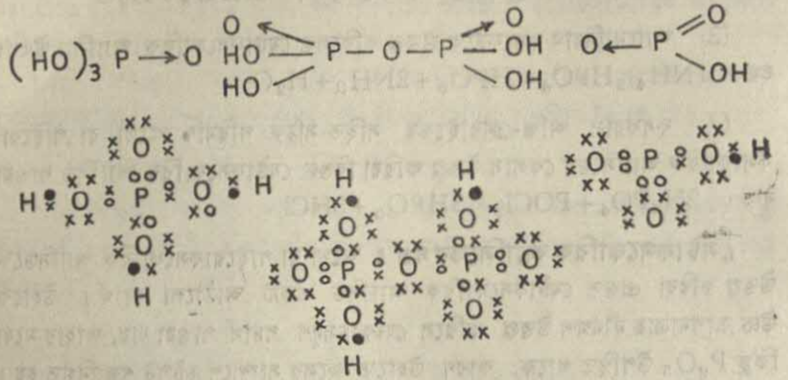
$$BaCl_2 + 2HPO_3 = Ba(PO_3)_2\downarrow + 2HCl$$

উপরি-উক্ত দুইটি বিক্রিয়ায় অর্থো বা পাইরোফসফেট সাড়া দেয় না এবং তাই এই বিক্রিয়া দুইটিকে মেটাফসফোরিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণের জন্য ব্যবহার করা হয়।

বিভিন্ন মেটাফসফেট লবণের গঠন বেশ জটিল। ইহাদের পলিমেটাফসফোরিক অ্যাসিড $(HPO_3)_n$ হইতে উৎপন্ন বলিয়া মনে করা যায়, যেখানে n-এর মান 1, 2, 3, 4, 6 বা আরও অনেক বেশি।

ফসফোরিক অ্যাসিডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন: অর্থো, পাইরো ও মেটাফসফোরিক অ্যাসিডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন নিম্নরূপ:

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড (1) পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড (2) মেটাফসফোরিক অ্যাসিড (3)



সার-সংক্ষেপ

ফসফরাস

প্রস্তুতি : পুরাতন পদ্ধতিতে অস্থিভস্মে উপস্থিত $Ca_3(PO_4)_2$-কে 60% H_2SO_4-এর সাহায্যে H_3PO_4-তে পরিণত করা হইত এবং অদ্রাব্য $CaSO_4$ হইতে পৃথক করার পর দ্রবণকে গাঢ় করা হইত। অতঃপর গাঢ়ীকৃত দ্রবণকে কোকচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া লোহিততপ্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যাইত।

$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+\underset{\text{অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড}}{2H_3PO_4}$$

$$H_3PO_4\overset{\Delta}{=}H_2O+HPO_3\ (\text{মেটাফসফোরিক অ্যাসিড})$$

$$4HPO_3+12C=P_4+12CO+2H_2$$

আধুনিক তড়িৎ-তাপীয় পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে তড়িৎ-চুল্লীর মধ্যে বালি, কোকচূর্ণ ও ফসফেট আকরিক চূর্ণের মিশ্রণ লইয়া দুইটি কার্বন তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক আর্কের সাহায্যে অত্যুচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

$$3a_3(PO_4)_2+3SiO_2\overset{1150°C}{=}3CaSiO_3$$

$2P_2O_5+10C\overset{1400°C}{=}P_4+10CO$। উৎপন্ন গ্যাস-বাষ্পমিশ্রণকে জলের মধ্যে চালিত করিলে কঠিন সাদা ফসফরাস জলের নীচে সঞ্চিত হয়।

ফসফরাসের রূপভেদ : ফসফরাসের প্রধান রূপভেদ দুইটি : (1) সাদা বা হলুদ ফসফরাস এবং (2) লাল ফসফরাস। এই দুই রূপভেদের মধ্যে আবার একাধিক উপবিভাগ আছে।

(1) সাধারণ সাদা ফসফরাস নিয়তাকার, আ. গু. 1·83, গলনাঙ্ক 44·1°C, কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য, তড়িতের কুপরিবাহী।

(2) সাধারণ লাল ফসফরাস (স্কারলেট ফসফরাস) কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত সাদা ফসফরাসের দ্রবণকে উজ্জ্বল সূর্যালোকে উদ্ভাসিত করার ফলে উৎপন্ন হয়। ইহা অনিয়তাকার, কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য, আ. গু. 2·35।

পারস্পরিক রূপান্তর : N_2 বা CO_2 পূর্ণ পাত্রে সাদা ফসফরাসকে 250°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহা লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। অপরপক্ষে লাল ফসফরাসকে CO_2-এর ধীর স্রোতের মধ্যে 550°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা উর্ধ্বপাতিত হইতে থাকে এবং CO_2 মিশ্রিত ফসফরাস বাষ্পকে শীতল করিলে সাদা ফসফরাস পাওয়া যায়।

$$\text{সাদা ফসফরাস} \underset{550^\circ C}{\overset{250^\circ C}{\rightleftharpoons}} \text{লাল ফসফরাস}$$

সাদা ফসফরাসের রাসায়নিক ধর্ম : 800°C তাপমাত্রা পর্যন্ত ফসফরাস P_4 রূপে থাকে। উচ্চতর তাপমাত্রায় ইহা ক্রমশ P_2 অণুতে বিয়োজিত হইতে থাকে

$$P_4 \rightleftharpoons 2P_2$$

সাদা ফসফরাস বিষাক্ত (লাল ফসফরাস নহে) এবং লাল ফসফরাস হইতে অনেক বেশি সক্রিয়। ইহা সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে এক প্রকার শীতল সবুজাভ আলোক নির্গত করিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত হয়। এই শীতল আলোককে ফসফরাসের অনুপ্রভা (phasphorescence) বলে। অনুপ্রভার ফলে সাদা ফসফরাস জারিত হইয়া শেষ পর্যন্ত P_2O_5-তে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়া সময় সামান্য ওজোন গ্যাসেও নির্গত হয়। সাদা ফসফরাসের বিক্রিয়া : $P_4+5O_2=2P_2O_5$;
$P_4+10Cl_2=4PCl_5$ (অতিরিক্ত Cl_2) ; $P_4+6Cl_2=4PCl_3$ (অল্প Cl_2)
$P_4+10Br_2=4PBr_5$ (অতিরিক্ত Br_2) ; $P_4+6Br_2=4PBr_3$ (অল্প Br_2)
$P_4+6I_2=4PI_3$ (অতিরিক্ত অথবা অল্প I_2)
$P_4+10S=2P_2S_5$ (অতিরিক্ত S) ; $P_4+6S=2P_2S_3$ (অল্প S)
$P_4+10HNO_3$ (গাঢ়) $+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$
$P_4+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$
$3P+3CuSO_4+6H_2O=Cu_3P+2H_3PO_3+3H_2SO_4$ (শীতল দ্রবণ)
$2P+5CuSO_4+8H_2O=5Cu+2H_3PO_4+5H_2SO_4$ (উষ্ণ দ্রবণ)
$P+5AgNO_3+4H_2O=5Ag+H_3PO_4+5HNO_3$
$12Na+P_4=4Na_3P$; $6Ca+P_4=2Ca_3P_2$

লাল ফসফরাসের রাসায়নিক ধর্ম : ইহা বিষাক্ত নয় এবং সাদা ফসফরাস

অপেক্ষা অনেক কম সক্রিয়। ইহা অনুপ্রভা উৎপন্ন করে না, তবে আর্দ্র বায়ু সংস্পর্শে ধীরে ধীরে জারিত হইয়া অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$P_4+5O_2+6H_2O=4H_3PO_4$$

ইহা অক্সিজেন বা হ্যালোজেনের সঙ্গে সাদা ফসফরাসের তুলনায় মৃদুভাবে বিক্রিয়া করিয়া একই রূপ যৌগ গঠন করে। ইহা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত অপেক্ষাকৃত মৃদু গতিতে বিক্রিয়া করিয়া NO ও NO_2-এর মিশ্রণ নির্গত করে।

সাদা ফসফরাসকে লাল ফসফরাস উৎপাদনের জন্য, ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড ও বিভিন্ন ফসফরাস হ্যালাইড প্রস্তুতির জন্য, আগুনে বোমা ইত্যাদি যুদ্ধাস্ত্র নির্মাণের জন্য এবং বিভিন্ন ধাতুসংকর উৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

লাল ফসফরাসকে হাইড্রো-আয়োডিক ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য এবং সেফ্‌টি ম্যাচ উৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

ফসফিন (PH_3)

পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : পরীক্ষাগারে 30% – 40% NaOH দ্রবণের সহিত সাদা ফসফরাসকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়া ফসফিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$P_4+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$ (সোডিয়াম হাইপোফসফাইট)

ধর্ম : ইহা পচা মাছের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন বিষাক্ত গ্যাস। বিশুদ্ধ গ্যাস বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রজ্বলিত না হইলেও উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত গ্যাস, অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত P_2H_4-এর জন্য, বায়ুসংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে। $2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$

বিভিন্ন বিক্রিয়া : $4PH_3 \underset{440°C}{=} P_4+6H_2$

$PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl$; $PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl$

PH_3+HCl (গাঢ়) $=PH_4Cl$ (ফসফোনিয়াম ক্লোরাইড)

$3CuSO_4+2PH_3=3H_2SO_4+Cu_3P_2$

$PH_3+6AgNO_3=Ag_3P, 3AgNO_3+3HNO_3$

$Ag_3P, 3AgNO_3+3H_2O=6Ag+3HNO_3+H_3PO_3$

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_4O_6)

প্রস্তুতি : নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রভাবে সাদা ফসফরাস দহন করিয়া লেবরেটারিতে ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $P_4+3O_2=2P_2O_3$

বিক্রিয়াপাত্র হইতে নির্গত গ্যাস-বাষ্পমিশ্রণকে 60°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত গ্লাস-উলের ভিতর দিয়া (এই তাপমাত্রায় P_2O_5 কঠিনীভূত হয়) হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলে চালিত করিলে, U-নলের মধ্যে P_2O_3 ঘনীভূত হয়।

ধর্ম : ইহা ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত মোমসদৃশ কঠিন আম্লিক অক্সাইড। ইহার আসল আণবিক সঙ্কেত P_4O_6। শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা ফসফরাস অ্যাসিডে

পরিণত হয় এবং অক্সিজেন, ক্লোরিন বা সালফারের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া সংযুক্ত হয়। $P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$; $P_2O_3+O_2=P_2O_5$

$P_2O_3+2Cl_2=POCl_3+PO_2Cl$; $2P_2O_3+4S=P_4O_6S_4$

ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড

প্রস্তুতি : অতিরিক্ত বায়ুপ্রভাবে সাদা ফসফরাস প্রজ্বলিত করিয়া লেবরেটারিতে ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $P_4+5O_2=2P_2O_5$

P_2O_3-কে বায়ু বা অক্সিজেনে দহন করিলেও P_2O_5 পাওয়া যায়।

$$P_2O_3+O_2=P_2O_5$$

ধর্ম : ইহা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। আসল আণবিক সঙ্কেত P_4O_{10}। ইহা আম্লিক অক্সাইড। জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা প্রথমে মেটাফসফোরিক অ্যাসিড ও পরে ধীরে ধীরে পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$H_2O+P_2O_5=2HPO_3$; $2HPO_3+H_2O=H_4P_2O_7$

$H_4P_2O_7+H_2O=2H_3PO_4$

ইহা বিভিন্ন যৌগ হইতে জল অপসারিত করিয়া নিরুদকে বা স্বতন্ত্র যৌগে পরিণত করে। $H_2SO_4+P_2O_5=2HPO_3+SO_3$

$2HClO_4+P_2O_5=2HPO_3+Cl_2O_7$

$2HNO_3+P_2O_5=N_2O_5+2HPO_3$

$C_2H_5OH+P_2O_5=C_2H_4+2HPO_3$

ফসফরাস অ্যাসিড

প্রস্তুতি : ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডকে শীতল জলে দ্রবীভূত করিলে অথবা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে এই অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$; $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$

ধর্ম : ইহা উদগ্রাহী সাদা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইহা ফসফিন ও ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$4H_3PO_3=PH_3+3H_3PO_4$

ইহা শক্তিশালী বিজারক।

$2AgNO_3+H_3PO_3+H_2O=2Ag\downarrow+2HNO_3+H_3PO_4$

$SO_2+2H_3PO_3=2H_3PO_4+S\downarrow$

$I_2+H_2O+H_3PO_3=2HI+H_3PO_4$

ইহা দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড। $NaOH+H_3PO_3=NaH_2PO_3+H_2O$

$NaH_2PO_3+NaOH=Na_2HPO_3+H_2O$

ফসফোরিক অ্যাসিড

ফসফোরিক অ্যাসিডকে নিম্নলিখিত তিনটি আণবিক সঙ্কেতে পাওয়া যায় : H_3PO_4 (অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড), $H_4P_2O_7$ (পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড) ও HPO_3 (মেটাফসফোরিক অ্যাসিড)।

প্রস্তুতি : অস্থিভস্ম অথবা $Ca_3(PO_4)_2$ আকরিককে 1·5 আপেক্ষিক গুরুত্বের সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে বাণিজ্যিক অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। P_2O_5-কে জলের সহিত ফুটাইলে বিশুদ্ধ অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$$

$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিডকে 213°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডে এবং 316°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে মেটাফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2H_3PO_4 \xrightarrow[213^\circ C]{-H_2O} \underset{\text{পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড}}{H_4P_2O_7} + \xrightarrow[316^\circ C]{-H_2O} \underset{\text{মেটাফসফোরিক অ্যাসিড}}{HPO_3}$$

উচ্চতর তাপমাত্রায় HPO_3 আংশিকভাবে নিরুদিত হইয়া P_2O_5-তে পরিণত হয়।

$$2HPO_3 \xrightarrow{-H_2O} P_2O_5$$

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড ত্রিক্ষারিক, পাইরোফসফোরিক অ্যাসিড চতুঃক্ষারিক এবং মেটাফসফোরিক অ্যাসিড একক্ষারিক অ্যাসিড এবং প্রত্যেকেরই বহু পূর্ণ ও অ্যাসিড লবণ আছে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. ফসফরাসের রূপভেদগুলি সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। সাদা ফসফরাস হইতে লোহিত ফসফরাস এবং লোহিত ফসফরাস হইতে সাদা ফসফরাস কিভাবে প্রস্তুত করিবে?

লোহিত ফসফরাস সাদা ফসফরাস অপেক্ষা অধিকতত সুস্থিত হইবার কারণ কি?

2. ফসফিন এবং অ্যামোনিয়ার মধ্যে একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

3. আধুনিক পদ্ধতিতে ফসফরাস উৎপাদন কিভাবে হয়? ফসফরাস হইতে অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড এবং ফসফিন কিভাবে প্রস্তুত করিবে? ফসফরাস

পেণ্ট-অক্সাইডকে বায়ুতে রাখিয়া দিলে কি ঘটিবে? মারকিউরিক ক্লোরাইডকে অতিরিক্ত পরিমাণ ফসফরাস অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে কি ঘটিবে?

4. ফসফরাসের রাসায়নিক ধর্মগুলি সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা কর।

5. কোন্‌টি অপেক্ষাকৃত বেশি স্থায়ী?

(a) অ্যামোনিয়া অথবা ফসফিন

(b) শ্বেত ফসফরাস অথবা লোহিত ফসফরাস

কারণ দেখাও।

6. রসায়নাগারে কিভাবে ফসফিন প্রস্তুত করা হয়? ফসফিন প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

7. ফসফিনের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। অ্যামোনিয়া এবং ফসফিনের মধ্যে কোন্‌টি বেশি ক্ষারক? ফসফিনকে সনাক্ত করিতে একটি বিক্রিয়ায় উল্লেখ কর।

8. পরীক্ষাগারে কিভাবে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড এবং ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড প্রস্তুত করিবে? উহাদের ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। উহাদের সহিত জলের বিক্রিয়ায় কি উৎপন্ন হয়?

9 অস্থি ভস্ম হইতে অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। এই অ্যাসিডের উপর উত্তাপের ফলে কি হইবে রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও।

10. ফসফরিক অ্যাসিড এবং ফসফরাস অ্যাসিডের রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। এই অ্যাসিড দুইটিতে ফসফরাসের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করিবে?

11. কি কি শর্তে ফসফিন (a) হাইড্রোজেন আয়োডাইড, (b) ক্লোরিন, (c) কপার সালফেট এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের বিক্রিয়া করে?

12. ফসফরাস অ্যাসিডের প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। ইহার ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

13. অস্থিভস্ম হইতে ফসফরাস প্রস্তুতির পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। শ্বেত ফসফরাস ও লোহিত ফসফরাসে প্রভেদ কি? [H. S. 1983]

শ্বেত ফসফরাস উষ্ণ সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণে দ্রাবিত করিলে কি ঘটে? সমীকরণসহ লিখ। [Tripura, 1982]

14. ফসফরাস অ্যাসিড ও ফসফোরিক অ্যাসিডের সংযুক্তি সঙ্কেত লিখ। উহাদের রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। উহাদের আলাদাভাবে উত্তপ্ত করিলে কি হয়? রাসায়নিক সমীকরণসহ লিখ। [Tripura, 1983]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

(a) লাল ফসফরাসের সঙ্গে তপ্ত ও ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে কি হয়? [H. S. 1981, Tripura, 1981]

(b) লেবরেটারীতে PH_3 গ্যাস প্রস্তুতির সময় ফ্লাস্কের মধ্যকার বাতাস কোন গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হয় কেন ? [H. S. 1984]

(c) অম্লযুক্ত কিউপ্রিক সালফেট দ্রবণে ফসফিন চালনা করিলে কি হয় ? [H. S. 1983]

(d) শ্বেত ফসফরাসকে পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি হয় ? [H. S. 1982]

(e) লোহিত ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণে ধীরে ধীরে জল দিলে কি ঘটে ? [H. S. 1982]

(f) শ্বেত ফসফরাসকে কি করিয়া লোহিত ফসফরাসে রূপান্তরিত করা যায় ? [H. S. 1982]

(g) HNO_3 (গাঢ়) ও P_4O_{10} মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে কি হয় ? [H. S. 1981]

(h) প্রমাণ কর লোহিত ফসফরাসের রাসায়নিক ক্ষমতা শ্বেত ফসফরাসের চাইতে কম। [H. S. 1981]

(i) লোহিত ফসফরাসকে কি করিয়া শ্বেত ফসফরাসে রূপান্তরিত করা যায় ? [J. E. 1985]

৬

সালফার ও উহার কয়েকটি যৌগ

[SULPHUR AND SOME OF ITS COMPOUNDS]

[Syllabus : Sulphur, H_2S, SO_2, H_2SO_3, H_2SO_4]

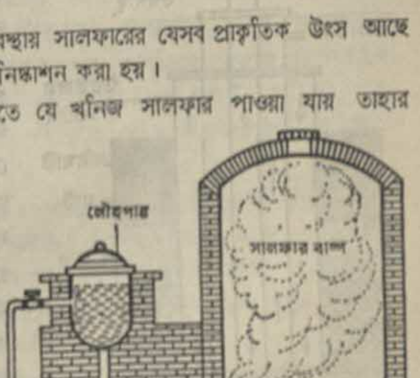
সালফার (S)

পারমাণবিক গুরুত্ব 32, পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 16, ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

অতি প্রাচীনকাল হইতেই সালফার বা গন্ধক বিভিন্ন ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে। কিন্তু ইহা যে একটি মৌল পদার্থ 1777 খ্রীস্টাব্দে তাহা প্রথম ল্যাভয়সিয়র প্রমাণ করেন। ইটালীর সিসিলী দ্বীপে এবং অ্যামেরিকার লুসিয়ানা ও টেক্সাস অঞ্চলে মুক্ত অবস্থায় প্রচুর সালফার পাওয়া যায়। নিউজিল্যাণ্ড, চিলি, রাশিয়া, আইসল্যাণ্ড ও জাপানেও অল্প পরিমাণ সালফার পাওয়া যায়। মুক্ত সালফার ব্যতীত সালফার যৌগ হিসাবে বিভিন্ন আকরিকের মধ্যে, যেমন গ্যালেনা (PbS), জিঙ্কব্লেণ্ড (ZnS), কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$), আয়রন পাইরাইটিস ইত্যাদিতে পাওয়া যায়। আগ্নেয়গিরি নির্গত গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) এবং কয়েকক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) থাকে।

সালফার নিষ্কাশন : (a) মুক্ত অবস্থায় সালফারের যেসব প্রাকৃতিক উৎস আছে তাহা হইতে নিম্নলিখিত উপায়ে সালফার নিষ্কাশন করা হয়।

1. **সিসিলীয় পদ্ধতি :** সিসিলিতে যে খনিজ সালফার পাওয়া যায় তাহার মধ্যে জিপসাম, বালি, মাটি ইত্যাদি অশুদ্ধি প্রচুর পরিমাণে বর্তমান থাকে, বস্তুত এই সালফারের আকরিকের মধ্যে সালফারের পরিমাণ মাত্র 15%-25%। সালফারের এই আকরিককে খণ্ডাকারে পাহাড়ের ঢালু গায়ে বায়ুসঞ্চালনের উপযুক্ত পথসংযুক্ত স্তূপের আকারে (calcaroni) সাজাইয়া, উপরে আকরিক চূর্ণ দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হয়। আকরিকের উপরিভাগ জ্বালাইয়া দিলে আকরিকে উপস্থিত সালফারের প্রায় 30% প্রজ্বলিত হইয়া অবশিষ্ট সালফারকে তরলে পরিণত করে এবং উহা নিম্নে সংরক্ষিত কাঠনির্মিত ছাঁচের মধ্যে আসিয়া কঠিন সালফারে পরিবর্তিত হয়।

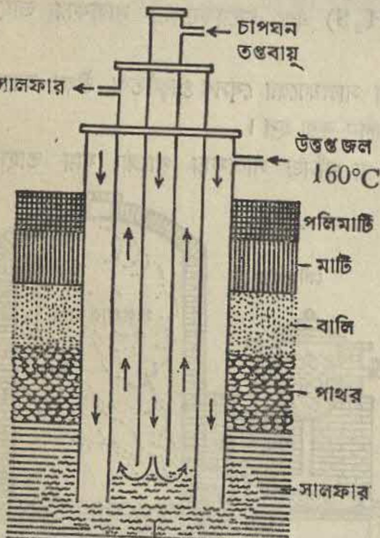


চিত্র 6.1 সালফার শুদ্ধিকরণ

উন্নততর সিসিলীয় পদ্ধতিতে গিল চুল্লী (Gill kiln) ব্যবহৃত হয়। ইহাতে একটি আবৃত ইস্টক-নির্মিত কক্ষের মধ্যে বৃত্তাকারে ছয়টি প্রকোষ্ঠ সজ্জিত থাকে এবং একটি প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন উত্তপ্ত গ্যাসকে পাশের কক্ষে পরিচালিত করার ব্যবস্থা রাখা হয়। এই পদ্ধতিতে আকরিকে উপস্থিত সালফারের প্রায় 75% নিষ্কাশিত করা সম্ভব।

সালফার বিশুদ্ধিকরণ ঃ কিন্তু উপরি-উক্ত যে-কোনও প্রণালীতে প্রাপ্ত সালফারের মধ্যে 3-5% পাথর ইত্যাদি অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে এবং ইহাকে চিত্র 6.1 প্রদর্শিত পদ্ধতিতে অশুদ্ধিমুক্ত করা হয়। এই পদ্ধতিতে অবিশুদ্ধ সালফারকে একটি লৌহপাত্রে গালাইয়া লৌহনির্মিত বকযন্ত্রে প্রবাহিত করা হয়। বকযন্ত্রটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে সালফার বাষ্পীভূত হইয়া একটি ইস্টক-নির্মিত প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে এবং শীতল দেওয়ালের গায়ে হলুদবর্ণ চূর্ণ হিসাবে (Flowers of sulphur) জমা হয়। দেওয়াল ক্রমশ তপ্ত হইয়া উঠিলে এই চূর্ণ গলিত হইয়া প্রকোষ্ঠের মেঝেতে সঞ্চিত হয় এবং ইহাকে নির্গম-নল দ্বারা বাহিরে আনিয়া উপযুক্ত ছাঁচের সাহায্যে রোল সালফার বা ব্রিমস্টোনে পরিণত করা হয়।

2. **ফ্র্যাশ পদ্ধতি (Frasch process) ঃ** আমেরিকায় ব্যবহৃত এই পদ্ধতি সিসিলীয় পদ্ধতি হইতে ভিন্ন। আমেরিকায় মুক্ত সালফার মাটি, বালি ও পাথরের নীচে পাওয়া যায়। তিনটি বিভিন্ন ব্যাসের সম-অক্ষের নলকে উপরের স্তরগুলি ছিদ্র করিয়া সঞ্চিত সালফার পর্যন্ত অনুপ্রবিষ্ট করা হয় এবং উহার ফলে তিনটি শূন্যগর্ভ প্রকোষ্ঠের সৃষ্টি হয় (চিত্র 6.2)। সর্ব-বহিঃস্থ প্রকোষ্ঠের মধ্য দিয়া (155°-165°) সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত জলকে অতিরিক্ত চাপে নিম্নে প্রেরণ করিয়া সালফার গালাইয়া ফেলা হয় এবং কেন্দ্রীয় প্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া প্রায় 27 গুণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে উষ্ণ বায়ুচালনা করা হয়। বায়ু ও জলের যৌথ চাপের ফলে গলিত সালফার বায়ু বুদ্‌বুদের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ইমালসন রূপে মধ্যবর্তী প্রকোষ্ঠ দিয়া উপরে উঠিয়া আসে। এই গলিত সালফারকে কাঠের ছাঁচে শীতল করিলে 99·5% বিশুদ্ধ কঠিন সালফার পাওয়া যায়।



চিত্র 6.2 ফ্র্যাশ পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন

(b) **সালফার যৌগ হইতে সালফার নিষ্কাশন ঃ** যে-সব দেশে মৌল সালফারের আকরিক নাই, সেই সব দেশে সালফারঘটিত যৌগ হইতে সালফার নিষ্কাশন করা হয়। বিভিন্ন শিল্পোৎপাদনের সময় যে-সালফার ডাই-অক্সাইড বা হাইড্রোজেন সালফাইড উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়, সাধারণত সেগুলিকেই এই উদ্দেশ্যে ব্যবহার

করা হয়, যদিও কখনও কখনও সস্তা সালফারঘটিত আকরিকও এই উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয়।

1. চান্স পদ্ধতি ঃ লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির সময় যে-ক্যালসিয়াম সালফাইড উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়, তাহাই এই পদ্ধতির ভিত্তি। এই পদ্ধতিতে চুন প্রস্তুতকালে প্রাপ্ত উপজাত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে, ক্যালসিয়াম সালফাইড ভাসমান অবস্থায় উপস্থিত আছে এমন জলের মধ্যে চালিত করা হয়। $CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 \downarrow + H_2S$। ফলে উপরি-উক্ত বিক্রিয়া অনুযায়ী হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয় এবং উহাকে বায়ু মিশ্রিত করিয়া ফেরিক অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে ক্লাউস চুল্লীতে পরিচালিত করিলে সালফার উৎপন্ন হয়।

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সালফার অত্যন্ত বিশুদ্ধ ; কিন্তু লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডা উৎপাদনের পরিমাণ কমিয়া যাইবার সঙ্গে সঙ্গে এই পদ্ধতির ব্যবহারও কমিয়া গিয়াছে।

2. কোল গ্যাস হইতে সালফার ঃ কোল গ্যাসের মধ্যে 0·9-1·7% আয়তন হাইড্রোজেন সালফাইড এবং 0·02-0·04% কার্বন ডাই-সালফাইড উপস্থিত থাকে। সালফার নিষ্কাশনের জন্য কোল গ্যাসকে প্রথমে নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে 430° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া উহার ভিতরকার কার্বন ডাই-সালফাইডকে কোল গ্যাসের মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেনের সাহায্যে হাইড্রোজেন সালফাইডে পরিণত করা হয়। $CS_2 + 2H_2 = C + 2H_2S$। অতঃপর হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফারকে বিভিন্ন শুষ্ক ও সিক্ত পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়। শুষ্ক পদ্ধতিতে উৎপন্ন সালফারকে সাধারণত মৌল সালফার হিসাবে পৃথক না করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়, কিন্তু ফেরক্স বা থাইলক্সের মত সিক্ত পদ্ধতিতে মৌল সালফারকেই অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যায়।

3. ফেরক্স পদ্ধতি (Ferrox process) : এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন-সালফাইডযুক্ত কোল গ্যাসকে ফেরিক হাইড্রক্সাইড প্রলম্বিত অবস্থায় উপস্থিত আছে, এমন একটি লঘু (1-2%) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মধ্যে চালনা করা হয়। ফলে হাইড্রোজেন সালফাইড ফেরিক হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরিক সালফাইডে পরিণত হয়। $2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$

অতঃপর উৎপন্ন ফেরিক হাইড্রক্সাইড প্রলম্বিত দ্রবণটিকে একটি 'থায়োনাইজার স্তম্ভের' মধ্যে প্রবাহিত করিয়া চাপযুক্ত বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে ফেরিক সালফাইডকে মুক্ত সালফারে জারিত করা হয়। $2Fe_2S_3 + 6H_2O + 3O_2 = 4Fe\ (OH)_3 + 6.S$

উৎপন্ন সালফারচূর্ণ সরের আকারে ভাসিয়া উঠে এবং অপসারিত করা হয়। ফেরিক হাইড্রক্সাইড পুনরায় উৎপন্ন হইয়া দ্রবণে প্রলম্বিত অবস্থায় অবস্থান করে এবং পুনরায় হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণের কাজে ব্যবহার করা হয়।

4. সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার ঃ গ্যালেনা (PbS), জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS), কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$) ইত্যাদি আকরিক হইতে ধাতুনিষ্কাশন কালে, তাপজারণ প্রক্রিয়ার সময় প্রচুর পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এতদ্-ব্যতীত আয়রন পাইরাইটিসকে জারিত করিয়া অথবা জিপ্‌সাম ($CaSO_4.2H_2O$)

হইতেও সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত সালফার ডাই-অক্সাইডকে সাধারণত সরাসরি সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হইলেও প্রয়োজনবোধে সালফারে বিজারিত করা যায়।

আয়রন পাইরাইটিস পোড়াইলে সহজেই সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

কিন্তু জিপসাম হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির জন্য জিপসামকে মাটি, বালি ও কোকচূর্ণ মিশাইয়া ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে 1400 – 1500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয়।

$$CaSO_4 + C = CaSO_3 + CO$$

$$2CaSO_3 + SiO_2 = 2CaO, SiO_2 + 2SO_2$$

উৎপন্ন ডাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেটকে ($2CaO, SiO_2$) চূর্ণ করিয়া সিমেণ্ট হিসাবে বিক্রয় করা হয়।

উপরি-উক্ত বিভিন্ন উপায়ে প্রাপ্ত সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফারে রূপান্তরিত করার প্রয়োজন হইলে উহাকে লোহিততপ্ত কোকচূর্ণের মধ্য দিয়া চালিত করা হয়।

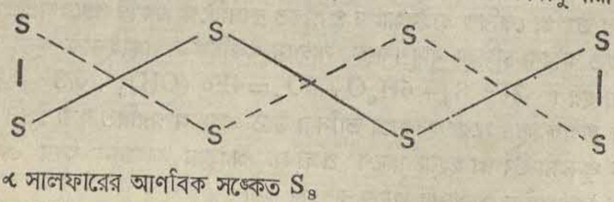
$$SO_2 + C = CO_2 + S$$

সালফারের বহুরূপতা (Allotropy of Sulphur) : সালফারের অনেকগুলি রূপভেদ আছে। উহাদের মধ্যে কয়েকটি নিয়তাকার এবং অবশিষ্টগুলি অনিয়তাকার। উহাদের ভৌতধর্মে অনেক পার্থক্য থাকিলেও রাসায়নিকধর্মে বিশেষ পার্থক্য পরিলক্ষিত হয় না।

নিয়তাকার সালফার ঃ

1. রম্বিক বা α সালফার ঃ কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত সালফার দ্রবণকে ঘরের উষ্ণতায় ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত করিলে হাল্‌কা হলুদ রঙের অষ্টতলাকৃতি রম্বিক সালফারের কেলাস উৎপন্ন হয়। সালফারের সকল রূপভেদগুলির মধ্যে রম্বিক সালফারই সাধারণ উষ্ণতায় সুস্থিত রূপভেদ। অন্য প্রায় সমস্ত রূপভেদগুলি সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে পরিণত হয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·06, গলনাঙ্ক 112·8°C, ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, সালফার ক্লোরাইড অথবা উষ্ণ বেঞ্জিনে দ্রাব্য। ইহা তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী।

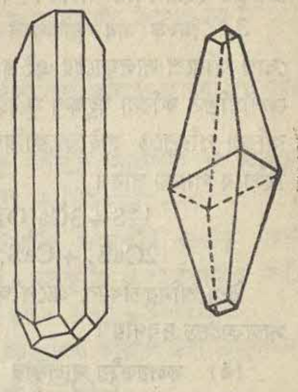
ইহার এক একটি অণু আঁকাবাঁকাভাবে সংযুক্ত আটটি সালফার পরমাণু দ্বারা গঠিত।



অর্থাৎ α সালফারের আণবিক সঙ্কেত S_8

2. মনোক্লিনিক বা প্রিজ্‌মেটিক বা β সালফার ঃ সালফারের এই রূপভেদটি 95·5° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে সালফারের সুস্থিত রূপভেদ। একটি পোর্সেলিন মুচিতে সাধারণ রোলসালফার গলাইয়া শীতল করিলে উহার উপরে যে-কঠিন সরের আবির্ভাব ঘটিবে, সেই সরে ছিদ্র করিয়া অবশিষ্ট তরল সালফার ঢালিয়া ফেলিলে মুচির গায়ে

সূচের আকৃতিবিশিষ্ট লম্বা সরু স্বচ্ছ হলুদরঙের মনোক্লিনিক সালফারের কেলাস দেখা যাইবে। ঘরের উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে কয়েকদিনের মধ্যে মনোক্লিনিক সালফারের কেলাস স্বচ্ছতা হারাইয়া রম্বিক সালফারের অতি ক্ষুদ্র হলুদ কেলাসের সমবায়ে রূপান্তরিত হয়।



চিত্র 6.3 সালফারের কেলাস

সালফারের এই রূপভেদের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·96, গলনাঙ্ক 119°C ; ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। 95·5° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে রম্বিক সালফার মনোক্লিনিক সালফারে রূপান্তরিত হয় কিন্তু 95·5° সেন্টিগ্রেডের নিম্নে বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী।

$$\text{রম্বিক সালফার} \underset{<95\cdot5^\circ C}{\overset{>95\ 5^\circ C}{\rightleftharpoons}} \text{মনোক্লিনিক সালফার}$$

α সালফার এবং β সালফার ব্যতীত সালফারের আরও কয়েকটি নিয়তাকার রূপভেদ আছে, যেমন, S_{III} বা ন্যাক্রিয়াস সালফার (Nacreous sulphur), $S\phi$ বা $S\rho$ সালফার ইত্যাদি। কিন্তু ইহাদের স্থায়িত্ব কম।

অনিয়তাকার সালফার ঃ

1. প্লাস্টিক সালফার বা γ সালফার ঃ রোল সালফারকে উত্তপ্ত করিলে উহা 112·8° সেন্টিগ্রেডে গলিয়া যায়, আরও বেশি উত্তপ্ত করিলে উহা কালচে বাদামী হইয়া উঠে এবং 444·6° সেন্টিগ্রেডে ফুটিতে থাকে। ফুটন্ত সালফারকে সরু সূতার আকারে এক বীকার ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া হঠাৎ শীতল করিলে রবার-সদৃশ নমনীয় প্লাস্টিক সালফার পাওয়া যায় (চিত্র 6.4)।



চিত্র 6.4 প্লাস্টিক সালফার প্রস্তুতি

সালফারের এই ধূসরবর্ণের রূপভেদটি অনিয়তাকার। কিন্তু টানিয়া প্রসারিত করিলে ইহার ভিতরকার সালফারের দীর্ঘ-শৃঙ্খল সমান্তরাল ভাবে বিন্যস্ত হয় এবং এক্স রশ্মির সাহায্যে এই বিন্যাসের চিত্রগ্রহণ করা যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·92। ইহা আসলে সালফারের দুইটি বিভিন্ন রূপভেদ—কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য λ সালফার এবং এবং কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য μ সালফারের একটি মিশ্রণ।

2. সাদা সালফার (White Sulphur) ঃ সিসিলীয় পদ্ধতিতে সালফার বিশোধনকালে প্রাপ্ত ফ্লাওয়ারস্ অব সালফারকে কার্বন ডাই-সালফাইডের মধ্যে উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া ফিল্টার করিলে, সালফারের যে অংশ কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য থাকিয়া যায়, তাহাই

সাদা বা হোয়াইট সালফার। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য কিন্তু পিপাইরিডিনে দ্রবীভূত হইয়া ঘোর লালবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন করে।

3. মিল্ক অব সালফার (Milk of sulphur) : পলিসালফাইড দ্রবণে অ্যাসিড যোগ করিলে সালফারের এই রূপভেদটি অধঃক্ষিপ্ত হয়। কলিচুন ও সালফার চূর্ণকে জলমিশ্রিত করিয়া বহুক্ষণ ফুটাইলে যে-লাল্‌চে হলুদবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে ফিল্টার করিয়া পরিস্রুতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে এই রূপভেদটিকে অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যায়।

$$12S + 3Ca(OH)_2 = 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O$$

$$2CaS_5 + CaS_2O_3 + 6HCl = 3CaCl_2 + 12S\downarrow + 3H_2O$$

ইহা অনিয়তাকার, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·82 ; ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়।

(4) কলয়ডীয় সালফার বা δ সালফার : মিল্ক অব সালফারের প্রস্তুতিকালে অনেক সময় পরিস্রুতে কলয়ডীয় সালফার প্রলম্বিত অবস্থায় উপস্থিত থাকে ; সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণকে অতিদ্রুত আম্লিক করিলে অথবা সালফার ডাই-অক্সাইডের শীতল দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালিত করিলে কলয়ডীয় সালফার উৎপন্ন হয়।

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 + S$$

$$SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S$$

সালফারের অ্যালকোহল দ্রবণে অতিরিক্ত জল যোগ করিলেও কলয়ডীয় সালফার উৎপন্ন হয়। কলয়ডীয় সালফারের কয়েকটি রূপ কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য, আবার কয়েকটি অদ্রাব্য।

সালফারের ধর্ম :

ভৌত-ধর্ম : সালফার হাল্‌কা হলুদ রঙের কঠিন পদার্থ। ভিন্ন ভিন্ন গলনাঙ্ক-বিশিষ্ট ইহার কয়েকটি রূপভেদ আছে। রম্বিক সালফার 112·8° সেন্টিগ্রেডে গলিয়া তরলে পরিণত হয়। ইহার আণবিক সঙ্কেত S_8। সালফারের সকল রূপভেদই 444·6° সেন্টিগ্রেডে ফুটিয়া বাষ্পে পরিণত হয়। 500-850°C-এর মধ্যে, বাষ্পে S_8, S_6, S_4 এবং S_2 অণু উপস্থিত থাকে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সরলতর অণুর অনুপাত বাড়িতে বাড়িতে 850° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় বাষ্পটি সম্পূর্ণভাবে S_2 অণুতে পরিণত হয়। আরও উচ্চতর তাপমাত্রায় S_2 অণু বিয়োজিত হইয়া একপরমাণুক সালফার অণুতে রূপান্তরিত হইতে থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম :

(1) অধাতুর সহিত বিক্রিয়া : নিষ্ক্রিয় গ্যাস, নাইট্রোজেন এবং আয়োডিন ব্যতীত অন্য সব অধাতুর সহিত সালফার বিক্রিয়া করে।

অক্সিজেন বা বায়ু পরিমণ্ডলে ইহা নীলাভ শিখায় জ্বলিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সামান্য সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $S + O_2 = SO_2$

ইহা ফ্লোরিনের সংস্পর্শে স্বতস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া সালফার হেক্সাফ্লোরাইড উৎপন্ন করে। $S + 3F_2 = SF_6$

ফুটন্ত সালফারের মধ্যে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালিত করিলে সালফার মনোক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2S + Cl_2 = S_2Cl_2$

ব্রোমিন সালফারের সহিত উত্তপ্ত করিলে সালফার মনোব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

$$2S + Br_2 = S_2Br_2$$

লোহিততপ্ত কোকচূর্ণের মধ্য দিয়া সালফার বাষ্প চালিত করিলে কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপন্ন হয়। $C + 2S = CS_2$

সাদা ফসফরাসের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে সালফার বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করিয়া ফসফরাস সালফাইডে পরিণত হয়। $P_4 + 10S = 2P_2S_5$

(2) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি কয়েকটি বরধাতু ব্যতীত অন্য সকল ধাতুর সহিত সালফার বিক্রিয়া করে। মারকারি ও সালফারকে মর্টারে লইয়া মিশ্রিত করিলে মারকিউরিক সালফাইড উৎপন্ন হয়। $Hg + S = HgS$

সালফার বাষ্পের মধ্যে কপারের পাতলা পাত অনুপ্রবিষ্ট করিলে উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া কপার সালফাইডে পরিণত হয়। $Cu + S = CuS$

আয়রন-চূর্ণের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে সালফার চূর্ণ ফেরাস সালফাইডে পরিণত হয়। $Fe + S = FeS$

সালফার বাষ্পে সোডিয়াম ধাতু অগ্নিস্ফুলিঙ্গ নির্গত করিয়া জ্বলিয়া উঠে।

$$2Na + S = Na_2S$$

(3) **যৌগের সহিত বিক্রিয়া ঃ** ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদি জারকধর্মসম্পন্ন অ্যাসিড সালফারকে জারিত করে।

$$2H_2SO_4 + S = 2H_2O + 3SO_2$$

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত ফুটাইলে সালফার ধাতব সালফাইড ও সালফাইট উৎপন্ন করে। $3S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2O$

কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার উপস্থিত থাকিলে উহা প্রাথমিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সালফাইটকে থায়োসালফেটে এবং সালফাইডকে পলিসালফাইডে পরিণত করে।

$$Na_2SO_3 + S = Na_2S_2O_3\ ;\ Na_2S + nS = Na_2S_{n+1}$$

সালফার জলের সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু গলিত সালফারের মধ্য দিয়া স্টীম চালনা করিলে সামান্য পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। $3S + 2H_2O = 2H_2S + SO_2$

ব্যবহার ঃ সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে, বারুদ তৈয়ারীতে এবং রবার ভাল্‌কানাইজ করার জন্য প্রচুর পরিমাণ সালফার ব্যবহৃত হয়। থায়াকল-নামক কৃত্রিম রবার প্রস্তুতিতে এবং কার্বন ডাই-সালফাইড, সালফার ক্লোরাইড, ফসফরাস পেন্টাসালফাইড, সোডিয়াম থায়োসালফেট, ক্যালসিয়াম সালফাইট, বাইসালফাইট ইত্যাদি প্রস্তুতিতেও সালফার ব্যবহৃত হয়। কীটনাশক হিসাবে শস্যক্ষেত্রে এবং জীবাণুনাশক হিসাবে ঔষধেও ইহার ব্যবহার আছে।

হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন

আণবিক সঙ্কেত H_2S , আণবিক গুরুত্ব 34 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 17

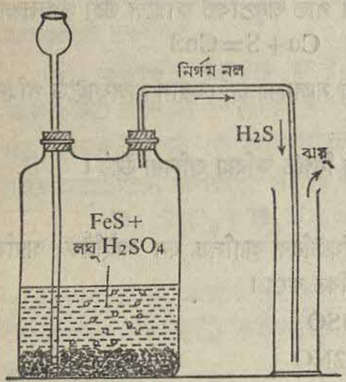
উষ্ণ প্রস্রবণের জলে বা আগ্নেয়গিরি হইতে উৎক্ষিপ্ত গ্যাসের মধ্যে ইহাকে পাওয়া যায়। গন্ধকঘটিত বিভিন্ন জৈব পদার্থের পচনের ফলেও ইহা উৎপন্ন হয়।

প্রস্তুতি ঃ

(ক) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী ঃ** পরীক্ষাগারে সাধারণত লঘু-সালফিউরিক অ্যাসিড (1 ঃ 6) অথবা লঘু হাড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (1 ঃ 3) এবং ফেরাস-সালফাইডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S \ ; \ FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$$

দীর্ঘনল ফানেল ও বক্রনির্গম-নলযুক্ত একটি উল্ফ্-বোতলে কিছু ফেরাস সালফাইড খণ্ড এবং দীর্ঘনল ফানেলের শেষপ্রান্ত ডুবিয়া থাকে এমন পরিমাণ জল লইয়া, দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। অতঃপর বিক্রিয়া আরম্ভ হইয়া যায় এবং যন্ত্রের ভিতরকার বায়ু বাহির হইয়া যাইবার পর নির্গম নল দিয়া নির্গত হাইড্রোজেন সালফাইডকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 6.5)।



চিত্র 6.5 H_2S প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণ ঃ উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত হাইড্রোজেন সালফাইড বিশুদ্ধ নয়। ইহার মধ্যে হাইড্রোজেন, জলীয় বাষ্প এবং প্রস্তুতিকালে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইলে, কিছু অ্যাসিডবাষ্প মিশ্রিত থাকে। তাই উৎপন্ন গ্যাসকে পর্যায়ক্রমে সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ ও নিরুদিত অ্যালুমিনার সাহায্যে অ্যাসিড ও জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করিয়া, কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে তরলে পরিণত করা হয়। অতঃপর অপরিবর্তিত হাইড্রোজেন গ্যাসকে পাম্পের সাহায্যে বাহির করিয়া দিবার পর উত্তাপ প্রয়োগে তরল হাইড্রোজেন সালফাইডকে গ্যাসীয় অবস্থায় আনা হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ (1) হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিকালে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা লঘু বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা চলে না। কারণ তাহা হইলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইড অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়।

$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$
$$H_2S + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2 + S$$

প্রস্তুতিকালে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও ব্যবহার করা হয় না, কারণ সেক্ষেত্রে উৎপন্ন গ্যাসে কিছু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মিশ্রিত হইয়া যায়।

(2) হাইড্রোজেন সালফাইড শুষ্ক করিতে ঘন সালফিউরিক ব্যবহার করা যায় না, কারণ উহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে উপরি-উক্ত বিক্রিয়া অনুযায়ী জারিত করে।

ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডও সম্পূর্ণ অশুদ্ধিমুক্ত না হইলে হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করে এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড আংশিকভাবে ক্যালসিয়াম সালফাইডে পরিণত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গত করে।

$CaCl_2 + H_2S \rightleftharpoons CaS + 2HCl$। তাই হাইড্রোজেন সালফাইড অনার্দ্র করার জন্য নিরুদিত অ্যালুমিনা ব্যবহার করা হয়।

(3) মারকারির অপসারণ দ্বারা এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয় না, কারণ মারকারি সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক না হইলে এই গ্যাস দ্বারা আক্রান্ত হয়। তাই ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসরণ অথবা উষ্ণজলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি :

(i) অ্যাণ্টিমনি সালফাইডের সহিত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেনমুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা যায়। উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত কিছু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস মিশ্রিত থাকে এবং উহাকে দূরীভূত করার জন্য গ্যাসমিশ্রণকে জলপূর্ণ ধৌতি বোতলের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। অতঃপর নিরুদিত অ্যালুমিনার সাহায্যে জলীয় বাষ্প শোষণ করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়। $Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$

(ii) ক্যালসিয়াম সালফাইডের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাহায্যেও উপরি-উক্ত প্রণালীতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$CaS + 2HCl = CaCl_2 + H_2S$$

(iii) জলের মধ্যে ম্যাগনেসিয়ামকে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া উহার মধ্য দিয়া অশুদ্ধিযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করিলে যে-ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রো-সালফাইড উৎপন্ন হয় তাহাকে 60° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলেও জলীয় বাষ্প ব্যতীত অন্যান্য অশুদ্ধিমুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়।

$$MgO + 2H_2S \rightleftharpoons Mg(HS)_2 + H_2O \ ; \quad Mg(HS)_2 = MgS + H_2S$$

কিপ্‌যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে অজ্ঞাত লবণের ক্ষারকীয় মূলক সনাক্তকরণের কাজে প্রয়োজন অনুযায়ী ইচ্ছামত হাইড্রোজেন সালফাইড সরবরাহ পাইবার জন্য কিপ্‌ যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়। এই যন্ত্রের বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রস্তুতি উপলক্ষ্যে পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিকালে মধ্যগোলকে জিঙ্কের ছিবড়ার পরিবর্তে ফেরাস সালফাইডের টুকরা লওয়া হয় এবং উপরের গোলকের মাধ্যমে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির মতই লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়।

(b) **হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি :** (i) সালফার বাষ্প ও হাইড্রোজেন মিশ্রণকে 600° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত পিউমিক পাথরের টুকরার উপর দিয়া চালিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। $H_2 + S = H_2S$

(ii) সালফার চূর্ণ, প্যারাফিন ওয়াক্স এবং অ্যাস্‌বেসটাস চূর্ণের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলেও হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন, পচা ডিমের গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস।

ইহা বায়ু অপেক্ষা কিছু ভারী ; শীতল করিলে অথবা উচ্চ চাপ প্রয়োগ করিলে ইহা বর্ণহীন তরলে পরিণত হয়। জলে হাইড্রোজেন সালফাইডের দ্রাব্যতা মাঝামাঝি, অ্যালকোহলে আরও বেশি। তবে উষ্ণ জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম এবং জল ফুটাইলে দ্রবীভূত সমস্ত হাইড্রোজেন সালফাইড বাহির হইয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম :

অ্যাসিড ধর্ম : হাইড্রোজেন সালফাইড জলীয় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিড হিসাবে কাজ করে এবং সদ্য বিজারিত আয়রনের সহিত ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন নির্গত করে। $Fe + H_2S = FeS + H_2$; টিন, লেড, সিলভার ইত্যাদি ধাতুও অনুরূপ বিক্রিয়া করে।

ইহা নীল লিটমাস দ্রবণকে সামান্য লালচে করে এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড হিসাবে দুই শ্রেণীর লবণ—পূর্ণ লবণ ও বাই-লবণ উৎপন্ন করে।

$$NaOH + H_2S = \underset{\text{বাইলবণ}}{NaHS} + H_2O\ ;$$

$$H_2S + 2NaOH = \underset{\text{পূর্ণ লবণ}}{Na_2S} + 2H_2O$$

বিজারণ ধর্ম : হাইড্রোজেন সালফাইডের বিজারণ ধর্ম আছে। বিজারক হিসাবে ইহাকে বিভিন্ন বিক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয়।

হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণ বায়ুর উপস্থিতিতে ধীরে ধীরে জারিত হইয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে। $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$; কিন্তু গ্লিসারলের উপস্থিতিতে এই বিক্রিয়া বাধাপ্রাপ্ত হয়।

ইহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, আয়োডিন, ব্রোমিন ও ক্লোরিনকে বিজারিত করিয়া নিজে জারিত হয় ও সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S\ ;\quad H_2S + I_2 = 2HI + S$$
$$H_2S + Br_2 = 2HBr + S\ ;\quad H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$$

কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ ক্লোরিন জল উপস্থিত থাকিলে এই অধঃক্ষিপ্ত সালফার জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$S + 4H_2O + 3Cl_2 = H_2SO_4 + 6HCl$$

হাইড্রোজেন সালফাইড হলুদবর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে এবং বেগুনীবর্ণের অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে এবং কমলাবর্ণের অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণকে সবুজ ক্রোমিক লবণের দ্রবণে পরিণত করে।

$$2\overset{+3}{Fe}Cl_3 + H_2\overset{-2}{S} = 2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + 2HCl + \overset{0}{S}$$

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2\overset{-2}{S} = K_2SO_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 8H_2O + 5\overset{0}{S}$$

$$K_2\overset{2(+6)}{Cr_2}O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2\overset{-2}{S} = K_2SO_4 + \overset{2(+3)}{Cr_2}(SO_4)_3 + 3\overset{0}{S} + 7H_2O$$

কিন্তু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে অ্যাসিড উপস্থিত না থাকিলে বিক্রিয়া অন্যরূপ হয় ;

$$22H_2S + 10KMnO_4 = 3K_2SO_4 + 2K_2S_2O_3 + 10MnS + 5S + 22H_2O$$

ইহা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে এবং ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে এবং নিজে জারিত হইয়া সালফার হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু অতিরিক্ত অ্যাসিড উপস্থিত থাকিলে উহা অধঃক্ষিপ্ত সালফারকে জারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে।

$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$$
$$H_2SO_4 + H_2S = SO_2 + 2H_2O + S$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে চালিত করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড সালফারের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। $SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$

3. **দাহ্যধর্ম:** হাইড্রোজেন সালফাইড বায়ুতে 364° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত হইলে জ্বলিয়া উঠে; অল্প বায়ু বা অক্সিজেনে নীলাভ শিখায় জ্বলিবার সময় ইহা সালফার মুক্ত করে। $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$

কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের জোগান দিলে ইহা জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$

দুই আয়তন হাইড্রোজেন সালফাইড এবং তিন আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করিলে বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া ঘটে।

4. **বিয়োজন:** হাইড্রোজেন সালফাইডের ভিতর দিয়া তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন ও সালফারে পরিণত হয়। উত্তপ্ত প্লাটিনাম তার অথবা নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণের প্রভাবেও ইহা বিয়োজিত হয়।

$$H_2S \rightleftharpoons H_2 + S$$

5. **অধঃক্ষেপণ:** ইহা লঘু অ্যাসিড দ্রবণে (বিশ্লেষণকালীন) IIA ও IIB গ্রুপের ধাতুগুলির সালফাইড এবং অ্যামোনিয়াসংযুক্ত দ্রবণে IIIB গ্রুপের ধাতুগুলির সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$CuSO_4 + H_2S = H_2SO_4 + CuS\downarrow\ ;$$
$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = 2HNO_3 + PbS\downarrow\ ;$$
$$ZnCl_2 + H_2S + 2NH_4OH = ZnS\downarrow + 2NH_4Cl + 2H_2O$$
$$MnSO_4 + 2NH_4OH + H_2S = MnS\downarrow + 2H_2O + (NH_4)_2\ SO_4$$

পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেন সালফাইডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ:

(i) **হাইড্রোজেন সালফাইড দহনের সহায়ক নহে কিন্তু নিজে দাহ্য:** হাইড্রোজেন সালফাইডপূর্ণ একটি গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, শলাকাটি নিভিয়া গিয়াছে কিন্তু গ্যাসজারের ভিতরকার গ্যাস নীলাভ শিখায় জ্বলিতেছে।

(ii) **হাইড্রোজেন সালফাইড জলে দ্রাব্য এবং ইহা নীল লিটমাসকে সামান্য লাল্‌চে করে:** এক বীকার জলে কয়েক ফোঁটা নীল লিটমাস দ্রবণ যোগ করিয়া সেই নীলবর্ণ জলের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইডপূর্ণ একটি পরীক্ষানলকে উপুড় করিয়া ধরিলে দেখা যাইবে যে, বীকারের জল ধীরে ধীরে পরীক্ষানলের ভিতরে উপরে উঠিতেছে এবং তাহার রঙ লাল্‌চে হইয়া উঠিয়াছে।

(iii) **হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারক :** একটি পরীক্ষানলে হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ, দ্বিতীয় পরীক্ষানলে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত বেগুনীবর্ণের পটাসিয়াম-পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ এবং তৃতীয় পরীক্ষানলে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত কমলারঙের পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ লইয়া একে একে প্রত্যেকটির মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করিলে দেখা যাইবে যে, প্রথম পরীক্ষানলে হলুদবর্ণের ফেরিক লবণ বিজারিত হইয়া প্রায় বর্ণহীন ফেরাস লবণে, দ্বিতীয় পরীক্ষানলে বেগুনীবর্ণের পারম্যাঙ্গানেট লবণ বিজারিত হইয়া বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে এবং তৃতীয় পরীক্ষানলে কমলাবর্ণের ডাইক্রোমেট লবণ বিজারিত হইয়া সবুজবর্ণের ক্রোমিক লবণে পরিণত হইয়াছে। প্রতি ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন সালফাইড নিজে জারিত হইয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করিয়াছে, ইহাও প্রত্যক্ষ করা যাইবে।

(iv) **হাইড্রোজেন সালফাইড অ্যাসিড দ্রবণে কয়েকটি ধাতুকে এবং NH_4OH ও NH_4Cl যুক্ত দ্রবণে অপর কয়েকটি ধাতুকে অধঃক্ষিপ্ত করে :** একটি পরীক্ষানলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কপার সালফেট দ্রবণ এবং অন্য একটি পরীক্ষানলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ লইয়া উহাদের মধ্যে একে একে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করিলে দেখা যাইবে যে, প্রথম পরীক্ষানলে কপার সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইয়াছে কিন্তু দ্বিতীয় পরীক্ষানলে কোনও অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় নাই। এবার দ্বিতীয় পরীক্ষানলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিয়া অ্যামোনিয়ার গন্ধ বাহির হইতেছে এমন অবস্থায় আনিলে দেখা যাইবে যে, দ্রবণে উপস্থিত হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত জিঙ্ক লবণ বিক্রিয়া করিয়া কিছু জিঙ্ক সালফাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করিয়াছে। দ্রবণে পুনরায় হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করিলে দ্রবণটি ঘন সাদা অধঃক্ষেপে পূর্ণ হইয়া যাইবে। সুতরাং জিঙ্ক ইত্যাদি ধাতুর অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড কোনও অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করিতে না পারিলেও অ্যামোনিয়াযুক্ত দ্রবণে তাহা করিতে পারে। কিন্তু কপার সালফেটের অ্যামোনিয়াযুক্ত ঘন নীল দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালিত হইলে, অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণের মতই উহা হইতে কপার সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার : হাইড্রোজেন সালফাইডের সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার রসায়নাগারে বিকারক হিসাবে। বিকারক হিসাবে ইহাকে সাধারণত তিনভাবে ব্যবহার করা হয়।

(i) **অজ্ঞাত ক্ষারকীয় মূলকগুলিকে বিভিন্ন বিশ্লেষণভিত্তিক গ্রুপে শ্রেণীবদ্ধ করার জন্য :** যে-সব ক্ষারকীয় মূলকের সালফাইড লঘু অ্যাসিডে অদ্রাব্য, তাহাদিগকে লঘু HCl-এর উপস্থিতিতে IIA ও IIB গ্রুপ হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করা হয় এবং যে-সব ক্ষারকীয় মূলকের সালফাইড লঘু অ্যাসিডে দ্রবণীয় কিন্তু $NH_4Cl + NH_4OH$ দ্রবণে অদ্রাব্য তাহাদের পরবর্তী কালে NH_4Cl ও NH_4OH যুক্ত দ্রবণে H_2S চালনা করিয়া III B গ্রুপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। অবশিষ্ট হিসাবে জলীয় দ্রবণে থাকিয়া যায় NH_4Cl ও NH OH যুক্ত দ্রবণে দ্রাব্য ক্ষারকীয় মূলকগুলি।

(ii) **নির্দিষ্ট ক্ষারকীয় মূলকের সনাক্তকরণের জন্য :** ক্ষারকীয় মূলকগুলির সালফাইডের অধিকাংশ ক্ষেত্রে বৈশিষ্ট্যসূচক বর্ণ থাকে এবং ঐ বর্ণ দেখিয়া মূলকটিকে

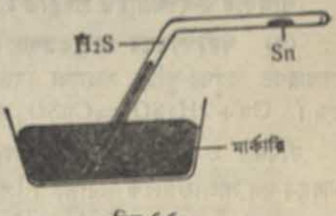
সনাক্ত করা যায়, যেমন HgS, PbS, CuS, NiS অথবা CoS কালো ; CdS, As_2S_3 বা SnS হলুদ ; Sb_2S_3 কমলা ; MnS মাংসের রঙ ; ZnS সাদা। যে-সব ক্ষেত্রে একাধিক ক্ষারকীয় মূলকের সালফাইড একই বর্ণের হয়, যে-সব ক্ষেত্রেও উহারা সবাই একই গ্রূপ ভুক্ত হয় না কিংবা হইলেও উপযুক্ত পদ্ধতিতে উহাদের পৃথক করা যায় এবং পৃথকীকরণের পর সালফাইডের বর্ণ দেখিয়া সনাক্ত করা সম্ভব হয়। সুতরাং সনাক্তকরণের জন্য ক্ষারকীয় মূলকটিকে উপযুক্ত মাধ্যমে দ্রবীভূত করিয়া H_2S চালনার সাহায্যে বিশিষ্ট বর্ণযুক্ত সালফাইড অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করার প্রয়োজন হয়।

(iii) **বিজারক হিসাবে ঃ** রসায়নাগারের বিভিন্ন পরীক্ষায় অনেক সময় H_2S-এর বিজারণ ধর্মের সাহায্য গ্রহণ করা হয়।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা ঃ (i) ইহাকে পচা ডিমের ন্যায় বৈশিষ্ট্যসূচক গন্ধের জন্য সনাক্ত করা যায়। (ii) চক্‌চকে রৌপ্যমুদ্রা এই গ্যাসের সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়। (iii) লেড-অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত কাগজ এই গ্যাসের সংস্পর্শে কালো হইয়া উঠে। (iv) ক্ষারযুক্ত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণে এই গ্যাস চালিত করিলে দ্রবণটি বেগুনী হইয়া যায়। কিন্তু দ্রবণে ক্ষার উপস্থিত না থাকিলে এইরূপ বেগুনী রঙ উৎপন্ন হয় না।

হাইড্রোজেন সালফাইডে হাইড্রোজেন ও সালফারের উপস্থিতির প্রমাণ ঃ হাইড্রোজেন সালফাইড পূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে দেখা যায় যে, শলাকাটি নিভিয়া গিয়াছে কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখায় জ্বলিতেছে। দহনশেষে গ্যাসজারের গায়ে কঠিন হলুদ বর্ণের চূর্ণ এবং বর্ণহীন তরলের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু জমিবে। দেখা যাইবে যে, বর্ণহীন তরলটি অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল করিতেছে। সুতরাং ইহা জল। যেহেতু ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডের দহনের ফলে উৎপন্ন হইয়াছে, অতএব হাইড্রোজেন সালফাইডের মধ্যে হাইড্রোজেন আছে। আবার গ্যাসজারের গায়ে সঞ্চিত কঠিন হলুদবর্ণের চূর্ণ বাহিরে আনিয়া পোড়াইলে যে-শ্বাসরোধকারী গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হইবে, দেখা যাইবে যে, সেই গ্যাস অ্যাসিডযুক্ত ডাইক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে সবুজ করিতেছে। সুতরাং এই দ্বিতীয় গ্যাসটি সালফার ডাই-অক্সাইড এবং হলুদবর্ণের চূর্ণটি সালফার। অতএব H_2S-এর মধ্যে সালফার আছে। $2H_2S+O_2=2H_2O+S$

হাইড্রোজেন সালফাইডের সংযুতি ও আণবিক সংকেত ঃ চিত্র 6.6 অনুযায়ী একটি বক্র কাচনলে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস সংগ্রহ করিয়া উহার অনুভূমিক অংশে একটি টিনের পাত অনুপ্রবিষ্ট করা হয় এবং বক্র নলটির উন্মুক্ত প্রান্ত মারকারিতে ডুবাইয়া নলের ভিতরে ও বাহিরে মারকারি তলকে একই অনুভূমিক রেখায় লইয়া আসার পর ভিতরকার গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা হয়। অতঃপর টিনের পাতটিকে বাহির হইতে উত্তপ্ত করিয়া টিনের সহিত হাইড্রোজেন সালফাইডের বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করা হয়। এইবার নলের ভিতরকার গ্যাসকে শীতল করিয়া আয়তন নির্ণয় করিলে দেখা যায় যে, ভিতরকার গ্যাসের আয়তন অপরিবর্তিত



চিত্র 6.6

থাকিয়া গিয়াছে। যেহেতু বক্রনলের মধ্যে উৎপন্ন গ্যাস নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিয়া বিন্দু বিন্দু এমন তরল উৎপন্ন করে যাহার সংস্পর্শে অনার্দ্র কপারসালফেট নীল হইয়া উঠে, তাই নিঃসন্দেহে গ্যাসটি হাইড্রোজেন।

অতএব হাইড্রোজেন সালফাইডের মধ্যে সম-আয়তন হাইড্রোজেন থাকে

বা Vml হাইড্রোজেন সালফাইডের মধ্যে Vml হাইড্রোজেন আছে

বা n অণু হাইড্রোজেন সালফাইডের মধ্যে n অণু হাইড্রোজেন আছে
(অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প)

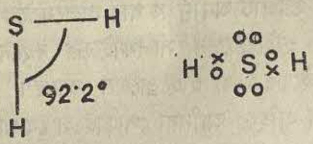
বা 1 অণু হাইড্রোজেন সালফাইডের মধ্যে 1 অণু বা 2 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।
($\because$ হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক)

$\therefore$ হাইড্রোজেন সালফাইডের আণবিক সঙ্কেতকে H_2S_x রূপে প্রকাশ করা যায়।
আবার যেহেতু হাইড্রোজেন সালফাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 17$

$\therefore$ উহার আণবিক গুরুত্ব 34

$\therefore$ $2+32x=34$ অর্থাৎ $x=1$; অতএব হাইড্রোজেন সালফাইডের আণবিক সঙ্কেত H_2S এবং পরীক্ষাকালে সম্পাদিত বিক্রিয়াটি $Sn + H_2S = SnS + H_2$

হাইড্রোজেন সালফাইডের আণবিক গঠন ঃ হাইড্রোজেন সালফাইড অণু সরলরৈখিক নয়। H—S—H কোণের পরিমাণ 92·2°। জলের অণুর মত ইহা জোটবদ্ধ নহে বলিয়া ইহার স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক জল অপেক্ষা কম। ইহার আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠনকে নিম্নলিখিতরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ



সালফার ডাই-অক্সাইড

আণবিক সঙ্কেত SO_2 ; আণবিক গুরুত্ব 64 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 32

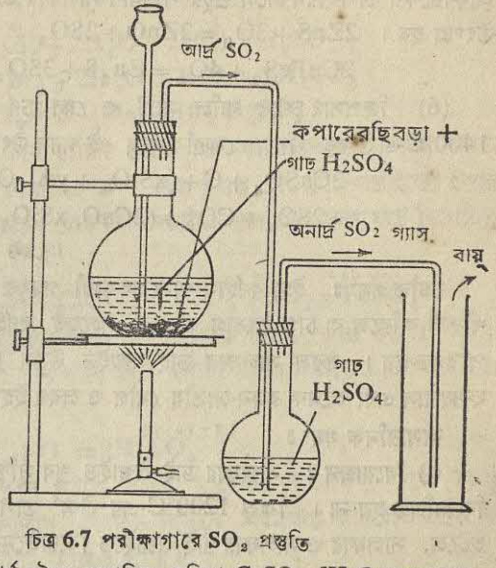
1770 খ্রীস্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিস্টলে মারকারি ও ঘন-সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া প্রথম সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করেন কিন্তু গ্যাসটির সংযুতি প্রথম 1777 খ্রীস্টাব্দে ল্যাভয়সিয়র নির্ণয় করেন।

সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ

(a) পরীক্ষাগারে প্রস্তুতপ্রণালী ঃ পরীক্ষাগারে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে সাধারণত কপার-কুচির সাহায্যে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$

দীর্ঘনল ফানেল ও বক্র নির্গম-নলযুক্ত ফ্লাস্কে কপার কুচি লইয়া, দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দীর্ঘনল ফানেলের নিম্ন প্রান্ত উহাতে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের নির্গম-নলটি চিত্র 6.7 অনুযায়ী একটি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডবাহী গ্যাস-প্রক্ষালন বোতলের সহিত সংযুক্ত থাকে এবং গ্যাস-প্রক্ষালন বোতলের

বক্র নির্গম-নলটি একটি খাড়া করিয়া রাখা গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া ভিতরকার বায়ু অপসারিত করিবে এবং ক্রমশঃ গ্যাস-জারটিকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসরণ-দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইডে পূর্ণ করিবে। সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহগামী জলীয় বাষ্প গ্যাস প্রক্ষালন বোতলে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া চালিত হইবার সময় শোষিত হইয়া উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডকে অনার্দ্র করিবে।



চিত্র 6.7 পরীক্ষাগারে SO_2 প্রস্তুতি

[বিঃ দ্রঃ ফ্লাস্কে বিক্রিয়াজাত পদার্থ হইতে কেলাসিত করিয়া $CuSO_4, 5H_2O$ প্রস্তুত করা যায়।]

(b) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী ঃ

(1) বায়ু বা অক্সিজেনে পোড়াইলে সালফার (সামান্য সালফার ট্রাই-অক্সাইডসহ) সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $S + O_2 = SO_2$

(2) **সালফাইট বা বাইসালফাইট লবণ হইতে ঃ** সালফাইট বা বাইসালফাইট লবণের দ্রবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সাধারণ তাপমাত্রাতেই সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$NaHSO_3 + HCl = NaCl + H_2O + SO_2$$
$$K_2SO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O + SO_2$$
$$Ca(HSO_3)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

(3) **সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত করিয়া ঃ** পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত পদ্ধতি অনুযায়ী কপার ব্যবহার করার পরিবর্তে অন্যান্য ধাতু ও অধাতু ব্যবহার করিয়াও সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত করা যায়।

$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$
$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

(4) **আয়রন পাইরাইটিস্ পোড়াইয়া ঃ** যে-সব দেশে মৌল সালফারের আকরিক নাই সেই সব দেশে প্রচুর পরিমাণ আয়রন পাইরাইটিস পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

(5) গ্যালেনা (PbS), জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS), কপার পাইরাইটিস ($CuFeS_2$) ইত্যাদি আকরিকের তাপজারণকালে প্রচুর পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড উপজাত সামগ্রী হিসাবে উৎপন্ন হয়। $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$

$$2CuFeS_2 + 4O_2 = Cu_2S + 3SO_2 + 2FeO$$

(6) জিপসাম চূর্ণকে বালি, মাটি ও কোকচূর্ণ মিশ্রিত অবস্থায় সিমেন্ট চুল্লীতে 1400°C-এ উত্তপ্ত করিয়াও ক্ষেত্রবিশেষে এই গ্যাস উৎপাদন করা হয়।

$$2CaSO_4 + C + (xSiO_2 + yAl_2O_3)$$
$$= 2SO_2 + CO_2 + \underset{\text{সিমেন্ট}}{(2CaO, xSiO_2, yAl_2O_3)}$$

ভৌত ধর্ম ঃ ইহা বর্ণহীন শ্বাসরোধকারী গন্ধযুক্ত গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং শীতল করিলে বা চাপ প্রয়োগ করিলে সহজেই বর্ণহীন তরলে (স্ফুটনাঙ্ক −10°C) পরিণত হয়। তরল সালফার ডাই-অক্সাইড উত্তম দ্রাবক এবং আয়োডিন, সালফার, ফসফরাস এবং অনেক রজন-জাতীয় যৌগ ও লবণ ইহাতে দ্রবীভূত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(i) **বিয়োজন ঃ** সালফার ডাই-অক্সাইড খুব সুস্থিত যৌগ এবং লোহিত তপ্ত উত্তাপে বিয়োজিত হয় না। কিন্তু 1200°C-এর ঊর্ধ্ব তাপমাত্রায় অথবা সূর্যালোকে উদ্ভাসিত হইলে, সালফার ও সালফার ট্রাই-অক্সাইডে বিয়োজনের জন্য ইহাকে কুয়াসাচ্ছন্ন দেখায়। $3SO_2 = 2SO_3 + S$

(ii) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** সালফার ডাই-অক্সাইড দাহ্য নয় এবং সাধারণভাবে দহনের সহায়কও নয়। তবে প্রজ্বলিত পটাসিয়াম ধাতু ইহার মধ্যে জ্বলিয়া সালফাইট ও থায়োসালফেটে পরিণত হয় এবং লোহিত তপ্ত আয়রন, টিন ইত্যাদি ধাতুচূর্ণ জ্বলিয়া সালফাইড ও অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$
$$3Sn + SO_2 = 2SnO + SnS$$

উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালিত হইলে ইহা কপারকে জারিত করিয়া কিউপ্রাস সালফাইড ও কপার সালফেটে পরিণত করে। $3Cu + 2SO_2 = Cu_2S + CuSO_4$ উত্তপ্ত জিঙ্ক, সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জিঙ্ক হাইপোসালফাইটে পরিণত হয়। $Zn + 2SO_2 = ZnS_2O_4$ (জিঙ্ক হাইপোসালফাইট)

(iii) **বিজারণ ধর্ম ঃ** সালফার ডাই-অক্সাইড দাহ্য না হইলেও প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450° সেন্টিগ্রেডে অথবা ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে 550° সেন্টিগ্রেডে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

রৌদ্রালোকে অথবা কর্পূর বা চারকোল অনুঘটকের উপস্থিতিতে অনার্দ্র সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস অনার্দ্র ক্লোরিন, ব্রোমিন ও ফ্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে সালফিউরিল ক্লোরাইড, সালফিউরিল ব্রোমাইড ও সালফিউরিল ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে ;

$$\overset{+4}{S}O_2 + \overset{0}{X}_2 = \overset{+6}{S}O_2\overset{2(-1)}{X_2}$$

কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণের সহিত ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিন

বিক্রিয়া করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড উহাদের বিজারিত করিয়া হ্যালোজেন হাইড্রাসিডে পরিণত করে এবং নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

$$\overset{+4}{S}O_2 + \overset{0}{Cl}_2 + 2H_2O = 2H\overset{-1}{Cl} + H_2\overset{+6}{S}O_4\ ;$$
$$SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + 2H_2SO_4$$
$$SO_2 + I_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$

উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া চালিত হইলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস কপার অক্সাইডকে কিউপ্রাস অক্সাইডে বিজারিত করে এবং উত্তপ্ত লেড ডাই-অক্সাইডের উপর দিয়া চালিত হইলে কালচে বাদামী লেড ডাই-অক্সাইড সাদা লেড সালফেটে বিজারিত হয়।

$$3\overset{+2}{Cu}O + \overset{+4}{S}O_2 = \overset{2(+1)}{Cu_2}O + Cu\overset{+6}{S}O_4\ ;\ \overset{+4}{Pb}O_2 + \overset{+4}{S}O_2 = \overset{+2}{Pb}\overset{+6}{S}O_4$$

জলীয় দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড শক্তিশালী বিজারক হিসাবে কাজ করে। বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে ইহার জলীয় দ্রবণ ধীরে ধীরে জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2H_2O + 2\overset{+4}{S}O_2 + \overset{0}{O}_2 = 2H_2\overset{+6}{S}\overset{4(-2)}{O_4}\ ;$$

ইহা মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণ হইতে ধাতব মারকারি অধঃক্ষিপ্ত করে, কিন্তু মারকিউরিক ক্লোরাইডকে মারকিউরাস ক্লোরাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করিলেও উত্তপ্ত না হইলে উহাকে আরও অধিক বিজারিত করিতে পারে না।

$$\overset{2(+1)}{Hg_2}(NO_3)_2 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O = 2\overset{0}{Hg}\downarrow + 2HNO_3 + H_2\overset{+6}{S}O_4$$
$$2\overset{+2}{Hg}Cl_2 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O = \overset{2(+1)}{Hg_2}Cl_2\downarrow + 2HCl + H_2\overset{+6}{S}O_4$$

সালফার ডাই-অক্সাইড আয়োডেট দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড চালিত হইলে উৎপন্ন আয়োডিন আরও বিজারিত হইয়া হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2K\overset{+5}{I}O_3 + 5\overset{+4}{S}O_2 + 4H_2O = \overset{0}{I}_2 + 3H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2KHSO_4$$
$$\overset{0}{I}_2 + 2H_2O + \overset{+4}{S}O_2 = 2H\overset{-1}{I} + H_2\overset{+6}{S}O_4$$

ইহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$H_2\overset{2(-1)}{O_2} + \overset{+4}{S}O_2 = H_2\overset{+6}{S}\overset{4(-2)}{O_4}$$

ইহা বেগুনী পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন এবং অ্যাসিডমুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের কমলারঙের দ্রবণকে সবুজ করে।

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 5\overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O = K_2\overset{+6}{S}O_4 + 2\overset{+2}{Mn}\overset{+6}{S}O_4 + 2H_2\overset{+6}{S}O_4$$
$$K_2\overset{2(+6)}{Cr_2}O_7 + 3\overset{+4}{S}O_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + \overset{2(+3)}{Cr_2}\overset{3(+6)}{(SO_4)_3} + H_2O$$

ইহা প্রশম অথবা লঘু অ্যাসিড দ্রবণে ফেরিক লবণকে বিজারিত করিয়া ফেরাস লবণে পরিণত করে।

$$2\overset{+3}{Fe}Cl_3 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O = 2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + 2HCl + H_2\overset{+6}{S}O_4$$

(iv) **জারণ ধর্ম ঃ** সালফার ডাই-অক্সাইড জারণ ধর্মও প্রদর্শন করিতে পারে। উল্লিখিত ধাতুর সহিত বিক্রিয়া বস্তুত ইহার জারণ ধর্মেরই পরিচায়ক। এতদ্ব্যতীত 1100° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কোকচূর্ণের মধ্য দিয়া চালিত হইলেও ইহা কার্বনকে জারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে।

$$\overset{+4}{S}O_2 + \overset{0}{C} = \overset{0}{S} + \overset{+4}{C}O_2$$

এবং 500°C-এ অ্যালুমিনার উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইডকে জারিত করে।

$$\overset{+4}{S}O_2 + 2\overset{+2}{C}O = 2\overset{+4}{C}O_2 + \overset{0}{S}$$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মাধ্যমে ইহা কিউপ্রাস, ফেরাস বা স্ট্যানাস লবণকে যথাক্রমে কিউপ্রিক, ফেরিক বা স্ট্যানিক লবণে পরিণত করে, যদিও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মাধ্যমে বা প্রশম অবস্থায় ঠিক বিপরীত বিক্রিয়া ঘটিতে দেখা যায়;

$$4\overset{+2}{Fe}Cl_2 + \overset{+4}{S}O_2 + 4HCl = 4\overset{+3}{Fe}Cl_3 + 2H_2O + \overset{0}{S}$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালিত হইলে সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া এবং হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়া সালফারের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$\overset{+4}{S}O_2 + 2H_2\overset{-2}{S} = 2H_2O + 3\overset{0}{S}\downarrow$$

জায়মান হাইড্রোজেনের দ্বারা বিজারিত হইলে ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডে পরিণত হয়।

$$\overset{+4}{S}O_2 + 3\overset{0}{Zn} + 6HCl = H_2\overset{-2}{S} + 3\overset{+2}{Zn}Cl_2 + 2H_2O$$

(v) **বিপরিবর্ত বিক্রিয়া ঃ** ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড থায়োনিল ক্লোরাইড ($SOCl_2$) উৎপন্ন করে।

$$SO_2 + PCl_5 = SOCl_2 + POCl_3$$

(vi) **অ্যাসিড ধর্ম ঃ** সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। জলের সহিত ইহার বিক্রিয়ার ফলে মৃদু দ্বিক্ষারিক সালফিউরাস অ্যাসিডের উৎপত্তিই ইহার কারণ। $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় বলিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ যোগ করিলে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$Mg + H_2O + SO_2 = MgSO_3 + H_2$$

দ্বিক্ষারিক লবণ হিসাবে ইহা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দুই শ্রেণীর লবণ—পূর্ণ লবণ ও বাই-লবণ উৎপন্ন করে। কস্টিক সোডা দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে প্রথমে পূর্ণ লবণ সোডিয়াম সালফাইট উৎপন্ন হয় যাহা অতিরিক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড চালিত হইলে সোডিয়াম বাই-সালফাইটে পরিণত হয়।

$$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O\ ;\ Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O = 2NaHSO_3$$

অনুরূপভাবে, চুনের জলে সালফার ডাই-অক্সাইড চালিত হইলে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যালসিয়ামে সালফাইটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, যাহা অতিরিক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড চালনার ফলে দ্রবীভূত হইয়া ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট সৃষ্টি করে।

$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 \downarrow + H_2O$$
$$CaSO_3 + H_2O + SO_2 = Ca(HSO_3)_2$$

(vii) **বিরঞ্জন ধর্ম :** সালফার ডাই-অক্সাইড জলের উপস্থিতিতে অনেক জৈব রঙ্গীন পদার্থকে বর্ণহীন করে। জলের অনুপস্থিতিতে এই বিরঞ্জন ক্রিয়া সম্ভব নয়। তাই মনে করা হয় যে, জলের সহিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনই এই বিরঞ্জন ঘটায়।

$SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2[H]$; রঞ্জক পদার্থ + [H]→বিরঞ্জিত পদার্থ।

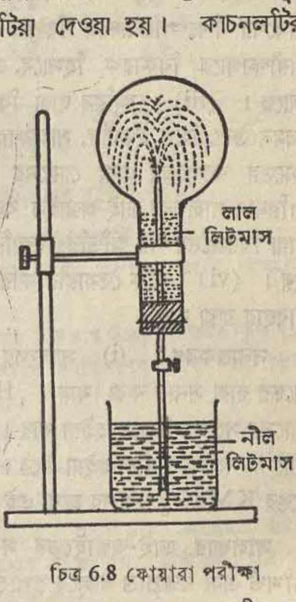
অর্থাৎ বিজারণই সালফার ডাই-অক্সাইডের দ্বারা বিরঞ্জনের মূল কারণ।

সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফারের উপস্থিতির প্রমাণ : সালফার ডাই-অক্সাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণকে একটি আবদ্ধনলে লইয়া 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে হলুদ বর্ণের চূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই চূর্ণকে ফিল্টার ও শুষ্ক করিয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য এবং ইহার গলনাঙ্ক 112·8°C ও স্ফুটনাঙ্ক 444·6°C। সুতরাং এই হলুদ চূর্ণ সালফার ব্যতীত আর কিছুই নহে এবং ইহা অবশ্যই সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে উপস্থিত ছিল। এই হলুদ চূর্ণকে বায়ুতে পোড়াইলে শ্বাসরোধকারী সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পুনরায় উৎপন্ন হয় এবং যথারীতি অ্যাসিডযুক্ত কমলারঙের পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণকে সবুজ করে।

$$3SO_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + S$$

পরীক্ষাদ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ :

(i) **ফোয়ারা পরীক্ষা :** একটি উপুড় করা গোলতল ফ্লাস্ক SO_2 গ্যাসে পূর্ণ করিয়া উহার মুখ একটি সরু কাচনলযুক্ত কর্কদ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। কাচনলটির ফ্লাস্কের ভিতর দিককার প্রান্ত জেটের আকৃতি-বিশিষ্ট করা থাকে এবং উহাকে ফ্লাস্কটির প্রায় কেন্দ্র পর্যন্ত অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে উপুড় করা অবস্থায় এক টিস্টাণ্ডের মধ্যে এমনভাবে স্থাপন করা হয় যে, উহার মুখ-সংলগ্ন কাচনলটির বাহিরের প্রান্ত একটি জল-পাত্রের মধ্যে নীল লিটমাস সংযুক্ত জলে ডুবিয়া থাকে। এবার ফ্লাস্কটির উপর ফোঁটা ফোঁটা ইথার ফেলিয়া শীতল করিলে, উহার ভিতরকার SO_2 সঙ্কুচিত হয় এবং জলপাত্র হইতে জল ধীরে ধীরে কাচনল বাহিয়া উঠিয়া ফ্লাস্কে প্রবেশ করে। জল ফ্লাস্কে প্রবেশ করা মাত্র ভিতরকার SO_2 উহাতে দ্রবীভূত হইয়া ফ্লাস্ক-অভ্যন্তরস্থ চাপ কমাইয়া দেয় এবং আরও বেশি জল নল বাহিয়া উঠিয়া ফোয়ারার আকারে চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে। আরও লক্ষ্য করা যায় যে, ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করার পর জলের নীল রঙ বদলাইয়া লাল হইয়া যাইতেছে। এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, **সালফার ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য এবং ইহার জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী** (চিত্র 6.8)।



চিত্র 6.8 ফোয়ারা পরীক্ষা

(ii) **SO_2-এর বিজারণ ধর্ম আছে :** SO_2 গ্যাসকে আলাদা আলাদা পরীক্ষানলে সংরক্ষিত (1) $KMnO_4$ দ্রবণ, (2) $H_2SO_4+K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ, (3) $FeCl_3$ দ্রবণ এবং (4) Br_2 জলের মধ্যে একে একে চালিত করিলে দেখা যাইবে যে, (1) বেগুনী $KMnO_4$ দ্রবণ বর্ণহীন হইয়াছে, (2) কমলা রঙের $H_2SO_4+K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ সবুজ হইয়াছে, (3) হলুদ-বাদামী $FeCl_3$ দ্রবণ প্রায় বর্ণহীন এবং (4) লাল Br_2 জল সম্পূর্ণ বর্ণহীন হইয়াছে।

(iii) **SO_2-এর জারণ ধর্ম আছে :** একটি পরীক্ষানলে গাঢ় HCl যুক্ত $FeCl_2$ দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে SO_2 গ্যাস চালনা করিলে দেখা যায় যে, প্রায় বর্ণহীন (অতি সামান্য সবুজ) $FeCl_2$ দ্রবণ হলুদ-বাদামী $FeCl_3$ দ্রবণে জারিত হইয়াছে এবং সঙ্গে সঙ্গে SO_2 বিজারিত হইয়া সালফারের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করিয়াছে।

অপর একটি পরীক্ষানলে রক্ষিত জলের মধ্যে প্রথমে কিছুক্ষণ SO_2চালনা করিয়া পরে H_2S চালনা করিলে দেখা যায় যে, SO_2 নিজে বিজারিত হইয়া এবং H_2S-কে জারিত করিয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করিয়াছে।

(iv) **SO_2 জলের উপস্থিতিতে বিরঞ্জন ঘটায় :** দুইটি গ্যাসজার শুষ্ক SO_2 দ্বারা পূর্ণ করিয়া একটির মধ্যে একটি শুষ্ক লাল ফুল ও অন্যটির মধ্যে ফুলের সহিত অল্প জল রাখিলে, কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, যে ফুলটির সংস্পর্শে জল ছিল, SO_2 শুধুমাত্র সেই ফুলটিকে বিরঞ্জিত করিয়াছে।

ব্যবহার : (i) সালফিউরিক অ্যাসিড, বিভিন্ন সালফাইট এবং বাই-সালফাইট লবণের শিল্পোৎপাদনে বিপুল পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। (ii) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে, জীবাণুনাশক ও কীটনাশক হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে। (iii) ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জন করিলে নষ্ট হইয়া যাইতে পারে এমন অনেক বস্তু যেমন উল, সিল্ক ইত্যাদি, সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জন করা হয়। (iv) উৎকৃষ্ট জাতের কাগজের এবং রেয়নের প্রধান উপাদান সালফাইট পাল্‌প প্রস্তুতিতেও প্রচুর পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। (v) খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে এবং ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জনের পর অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীভূত করার জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। (vi) বরফ তৈয়ারীর কারখানায় হিমায়ন করিবার জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করা যায়।

সনাক্তকরণ : (i) সালফার ডাই-অক্সাইডকে উহার তীব্র শ্বাসরোধী পোড়া গন্ধকের গন্ধের দ্বারা সনাক্ত করা যায়। H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে সিক্ত কাগজ এই গ্যাসের সংস্পর্শে সবুজ হইয়া যায়। (iii) স্টার্চযুক্ত KIO_3 দ্রবণে সিক্ত কাগজ এই গ্যাসের সংস্পর্শে নীল হইয়া উঠে। (iv) লালরঙের Br_2 জলের মধ্যে অথবা বেগুনী-রঙের $KMnO_4$ দ্রবণের মধ্যে এই গ্যাস চালিত হইলে উহারা বর্ণহীন হইয়া যায়।

সালফার ডাই-অক্সাইডের সংযুতি ও আণবিক সংকেত : একটি U-আকৃতি-বিশিষ্ট এবং বদ্ধপ্রান্ত বাল্‌বে রূপান্তরিত ইউডিয়োমিটার নলের মধ্যে, মারকারির অপসারণ দ্বারা নির্দিষ্ট আয়তন O_2 প্রবেশ করানো হয়। বালবের স্টপারের মধ্য দিয়া অনুপ্রবিষ্ট দুইটি কপার তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে একটি প্লাটিনাম-নির্মিত রোধ থাকে এবং একটির শেষপ্রান্তে সংলগ্ন কপার চামচের উপর একখণ্ড সালফার রাখা হয়। তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে

প্লাটিনাম রোধটিকে উত্তপ্ত করিলে সালফার ইউডিয়োমিটার নলের ভিতরকার অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং বিক্রিয়াশেষে নলটিকে শীতল করিলে দেখা যায় যে, উহার ভিতরকার গ্যাসের আয়তন অপরিবর্তিত থাকিয়া গিয়াছে। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সম-আয়তন অক্সিজেন আছে।

অতএব Vml সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে Vml অক্সিজেন আছে।

অর্থাৎ n অণু সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে n অণু অক্সিজেন আছে

(অ্যাভোগেড্রো প্রকল্প)

$\therefore$ 1 অণু সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে 1 অণু বা 2 পরমাণু অক্সিজেন আছে

($\because$ অক্সিজেন অণু দ্বিপরমাণুক)

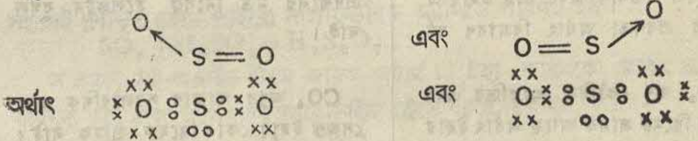
তাহা হইলে সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেতকে S_xO_2 রূপে প্রকাশ করা যায়।

আবার সালফার ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 32 $\therefore$ উহার আণবিক গুরুত্ব = 64

$\therefore\ 22x + 16 \times 2 = 64$ বা, $x = 1$

অতএব সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত SO_2

সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড অণুকে নিম্নলিখিত দুইটি গঠনের অনুনাদী সঙ্কর হিসাবে গণ্য করা যায় ঃ



অণুর কৌণিক গঠনের জন্য সালফার ডাই-অক্সাইডের দ্বিমেরু ভ্রামক আছে, কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের (O=C=O-এর) মত সরলরৈখিক অণু সর্বদা অধ্রুবীয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা

সালফার ডাই-অক্সাইড	কার্বন ডাই-অক্সাইড
1. বর্ণহীন, বায়ু অপেক্ষা ভারী ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস।	বর্ণহীন, বায়ু অপেক্ষা ভারী, গন্ধহীন গ্যাস।
2. ঘরের উষ্ণতায় উচ্চচাপে তরলীভূত হয়।	ঘরের উষ্ণতায় উচ্চচাপে তরলীভূত হয়।
3. হিমমিশ্রণের শৈত্যে তরলীভূত হয়।	সাধারণ হিমমিশ্রণের শৈত্যে তরলীভূত হয় না।
4. দাহ্য বা দহন সহায়ক না হইলেও Na বা Mg ইহার মধ্যে জ্বলিতে থাকে। $2Mg + SO_2 = 2MgO + S$।	দাহ্য বা দহন সহায়ক না হইলেও প্রজ্বলিত Na বা Mg ইহার মধ্যে জ্বলিতে থাকে। $2Mg + CO_2 = 2MgO + C$
5. আম্লিক অক্সাইড। জলের সহিত বিক্রিয়ায় দ্বিক্ষারিক সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $H_2O + SO_2 = H_2SO_3$।	আম্লিক অক্সাইড। জলের সহিত বিক্রিয়ায় দ্বিক্ষারিক কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $H_2O + CO_2 = H_2CO_3$
6. চুনজলে চালনা করিলে প্রথমে	চুনজলে চালনা করিলে প্রথমে $CaCO_3$

সালফার ডাই-অক্সাইড	কার্বন ডাই-অক্সাইড
$CaSO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়, যাহা অতিরিক্ত SO_2 এর সহিত বিক্রিয়ার পরে দ্রাব্য $Ca(HSO_3)_2$-এ পরিণত হয়। $Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$; $CaSO_3+SO_2+H_2O=Ca(HSO_3)_2$	অধঃক্ষিপ্ত হয়, যাহা অতিরিক্ত CO_2-এর সহিত বিক্রিয়ার পরে দ্রাব্য $Ca(HCO_3)_2$-এ পরিণত হয়। $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$ $CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$
7. বিজারণ ধর্মের জন্য হলুদ বর্ণ $K_2Cr_2O_7$-এর অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণকে সবুজ ও বেগুনীবর্ণ, $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে। $K_2Cr_2O_7+3SO_2+H_2SO_4$ $=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$ $2KMnO_4+5SO_2+2H_2O$ $=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$	বিজারণ ধর্ম নাই বলিয়া $KMnO_4$ দ্রবণ অথবা অ্যাসিডযুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের সহিত কোনরূপ বিক্রিয়া করে না।
8. জলের উপস্থিতিতে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিয়া বিরঞ্জন ঘটায়।	বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই।
9. যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে। $SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2$	যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করিতে পারে না।
10. SO_2 অণুতে সালফারের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল বর্তমান এবং তাই উহার ঐ যুগল দানের প্রবণতা অর্থাৎ বিজারণ ধর্ম আছে।	CO_2 অণুতে কার্বনের বিজারণ ধর্ম প্রদর্শনের মত নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল নাই।
11. SO_2 অণু কৌণিক আকৃতির এবং সেজন্য ইহার দ্বিমেরু ভ্রামক আছে অর্থাৎ ইহার অণু ধ্রুবীয়।	CO_2 অণুর আকার সরলরৈখিক এবং সেজন্য ইহার কোন দ্বিমেরু ভ্রামক নাই। ইহার অণু সম্পূর্ণ অধ্রুবীয়।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড

আণবিক সংকেত SO_3 বাষ্পীয় ঘনত্ব 40 আণবিক গুরুত্ব—80

প্রস্তুতি ঃ

1. সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর মিশ্রণ 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্লাটিনাম অথবা 650°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে সংযুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $2SO_2+O_2=2SO_3$। ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় সালফার ট্রাই-অক্সাইডের শিল্পোৎপাদনে ব্যবহৃত পদ্ধতি।

2. সালফিউরিক অ্যাসিড নিরুদিত করিয়া ঃ পরীক্ষাগারে ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিড নিরুদিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। এজন্য ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডের মিশ্রণকে বকযন্ত্রে লইয়া পাতিত করা হয়। $H_2SO_4+P_2O_5=SO_3+2HPO_3$

3. ফেরাস সালফেট, ফেরিক সালফেট, সোডিয়াম বাই-সালফেট অথবা ডাই-সালফেটকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলেও সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

$Fe_2(SO_4)_3=Fe_2O_3+3SO_3$; $2FeSO_4=Fe_2O_3+SO_2+SO_3$

$2NaHSO_4=H_2O+Na_2S_2O_7$ (সোডিয়াম ডাইসালফেট)

$Na_2S_2O_7 = Na_2SO_4 + SO_3$

4. একটি বকযন্ত্রে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করিয়া উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত সম্পূর্ণ শুষ্ক পাত্রে সংগ্রহ করাই পরীক্ষাগারে সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতির সহজতম পদ্ধতি। $H_2S_2O_7 = H_2SO_4 + SO_3$

সালফার ট্রাই-অক্সাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : কঠিন সালফার ট্রাই-অক্সাইডের কয়েকটি রূপভেদ আছে। প্রস্তুতি-কালে প্রাপ্ত তরল সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে শীতল করিলে যে-কঠিন রূপভেদ (α-SO_3) উৎপন্ন হয় তাহা বর্ণহীন কেলাসাকার ; গলনাঙ্ক 16·85°C, স্ফুটনাঙ্ক 44·52°C, আপেক্ষিক গুরুত্ব (20°C-এ) 1·9255 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব (40) ; আণবিক সঙ্কেত SO_3-এর সহিত সঙ্গতিপূর্ণ।

রাসায়নিক ধর্ম : 400° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত হইলে ইহা লক্ষণীয় মাত্রায় বিয়োজিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করার সঙ্গে সঙ্গে এই বিয়োজনের মাত্রাও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। $2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$

ইহা প্রবল জলাকর্ষী। হিস্ হিস্ শব্দসহ প্রচুর তাপ উদগীরণ করিয়া ইহা জলে দ্রবীভূত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

কঠিন সালফার ট্রাই-অক্সাইড বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া বিন্দু বিন্দু সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘন কুয়াশার সৃষ্টি করে। ইহা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে সহজেই দ্রবীভূত হইয়া পাইরো সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$SO_3 + H_2SO_4 = H_2S_2O_7$

সালফার ট্রাই-অক্সাইড উত্তম জারক পদার্থ। ইহা কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।

$C + 2SO_3 = CO_2 + 2SO_2$
$2KI + 2SO_3 = K_2SO_4 + I_2 + SO_2$

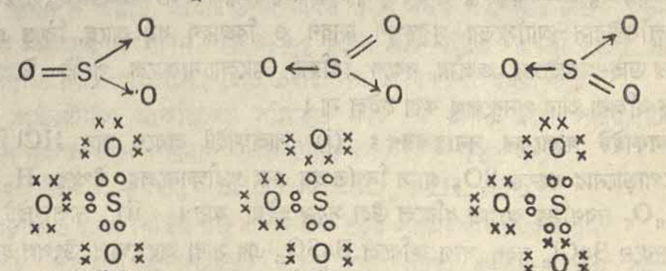
ইহা বেরিয়াম অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া বেরিয়াম সালফেট এবং সোডিয়াম হাই-ড্রক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম বাইসালফেট উৎপন্ন করে।

$BaO + SO_3 = BaSO_4$; $NaOH + SO_3 = NaHSO_4$

ইহা অ্যামোনিয়ার সহিত যুক্ত হইয়া সালফ্যামিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$NH_3 + SO_3 = HSO_3NH_2$; $SO_3 + HCl = HSO_3Cl$

সালফার ট্রাই-অক্সাইডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন : সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে নিম্নলিখিত তিনটি গঠনের অনুনাদী সংকর বলিয়া গণ্য করা হয়।



সালফিউরাস অ্যাসিড

আণবিক সঙ্কেত H_2SO_3 আণবিক গুরুত্ব 82

সালফিউরাস অ্যাসিড সুস্থিত যৌগ নয়। কেবল জলীয় দ্রবণেই ইহার অস্তিত্ব অনুভব করা যায়। কিন্তু ইহার অনেক সুস্থিত লবণ আছে।

প্রস্তুতি ঃ

(1) সালফার ডাই-অক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলে এই অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_2O + SO_2 = H_2SO_3$$

(2) থায়োনিল ক্লোরাইডকে জল দ্বারা বিয়োজিত করিলে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $SOCl_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_3$

(3) বিভিন্ন সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণের জলীয় দ্রবণে শীতল অবস্থায় লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলেও সালফিউরাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$NaHSO_3 + HCl = NaCl + H_2SO_3$$

$$CaSO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2SO_3$$

সালফিউরাস অ্যাসিডের ধর্ম ঃ সালফিউরাস অ্যাসিড সুস্থিত যৌগ নহে এবং সামান্য উত্তপ্ত করিলেই বিয়োজিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_3 = H_2O + SO_2$$

সালফিউরাস অ্যাসিড দুর্বল দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড এবং দুই শ্রেণীর লবণ—নর্ম্যাল-সালফাইট (পূর্ণ লবণ)ও বাই-সালফাইট (অ্যাসিড লবণ) উৎপন্ন করে।

$$NaOH + H_2SO_3 = NaHSO_3 + H_2O$$

$$2NaOH + H_2SO_3 = Na_2SO_3 + 2H_2O\ ;$$

ক্ষারধাতুর নর্ম্যাল লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সামান্য ক্ষারীয় ধর্ম প্রদর্শন করে $Na_2SO_3 + 2H_2O = 2NaOH + H_2SO_3$

কিন্তু গাঢ় সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণ উষ্ণ না করিলে ফিনলথ্যালিনকে লাল করিতে পারে না।

সালফিউরাস অ্যাসিড একটি বদ্ধ নলের মধ্যে লইয়া উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফারে পরিণত হয় এবং ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$3H_2SO_3 = 2H_2SO_4 + S + H_2O\ ;\ H_2SO_3 + Mg = MgSO_3 + H_2$$

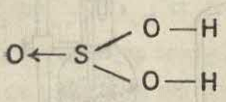
সালফিউরাস অ্যাসিডের গুরুত্বপূর্ণ জারণ ও বিজারণ ধর্ম আছে, কিন্তু এগুলিকে সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া আলোচনাকালে পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে বলিয়া আর পুনরুল্লেখ করা হইল না।

সালফাইট মূলকের সনাক্তকরণ ঃ (i) সালফাইট লবণে লঘু HCl মিশাইলে গন্ধক পোড়ানোর গন্ধযুক্ত SO_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং পরীক্ষানলের উপরে $H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7$ দ্রবণসিক্ত কাগজ ধরিলে উহা সবুজ হইয়া যায়। ii) সালফাইট লবণের জলীয় দ্রবণে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করিলে $BaSO_3$-এর সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যাহা লঘু HCl যোগ করিলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। অতঃপর স্বচ্ছ দ্রবণটিতে অল্প Br_2 জল

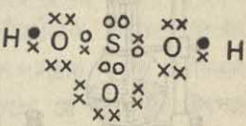
মিশাইয়া সামান্য উষ্ণ করিলে Br_2 জলের লাল রঙ মিলাইয়া যায় এবং $BaSO_4$-এর HCl-এ অদ্রাব্য সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$$BaCl + Na_2SO_3 = 2NaCl + BaSO_3 \downarrow$$
$$BaSO_3 + 2HCl = BaCl_2 + H_2SO_3$$
$$H_2SO_3 + Br_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HBr$$
$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$$

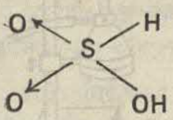
সালফিউরাস অ্যাসিডের গঠন : থায়োনিল ক্লোরাইড (Cl – SO – Cl) হইতে আর্দ্র-বিশ্লেষণের সাহায্যে পাওয়া যায় বলিয়া সালফিউরাস অ্যাসিডের গঠনকে প্রতিসম HO – SO – OH বলিয়া মনে হইলেও, এই অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন জৈব সালফোনিক অ্যাসিডগুলির গঠনের সহিত সামঞ্জস্য রাখিয়া ইহার অপর একটি অপ্রতিসম $H - SO_2 - OH$ রূপেরও অস্তিত্ব আছে বলিয়া অনুমান করা হয়। ইহার প্রতিসম রূপের গঠন :



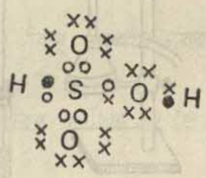
অর্থাৎ



এবং অপ্রতিসম রূপের গঠন



অর্থাৎ



সালফিউরিক অ্যাসিড

আণবিক সঙ্কেত H_2SO_4 আণবিক গুরুত্ব 98

পঞ্চদশ শতকে গ্রীন ভিট্রিয়ল ($FeSO_4,7H_2O$) পাতিত করিয়া প্রথম সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইয়াছিল এবং ইহার নাম দেওয়া হইয়াছিল অয়েল অব ভিট্রিয়ল বা ভিট্রিয়লিক অ্যাসিড।

$$2(FeSO_4,7H_2O) = Fe_2O_3 + H_2SO_4 + SO_2 + 13H_2O$$

1740 খ্রীস্টাব্দে ওয়ার্ড জলের উপর আবদ্ধ স্থানে গন্ধক ও শোরার মিশ্রণ পুড়াইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করিতে শুরু করেন, যাহা হইতে পরবর্তী কালে সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের 'লেড চেম্বার' পদ্ধতি বিকশিত হইয়া উঠে।

আয়রন পাইরাইটিস আকরিকের সন্নিহিত নদী ও ঝর্ণার জলে পাইরাইটিসের জারণের ফলে উৎপন্ন অল্প পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড উপস্থিত থাকে।

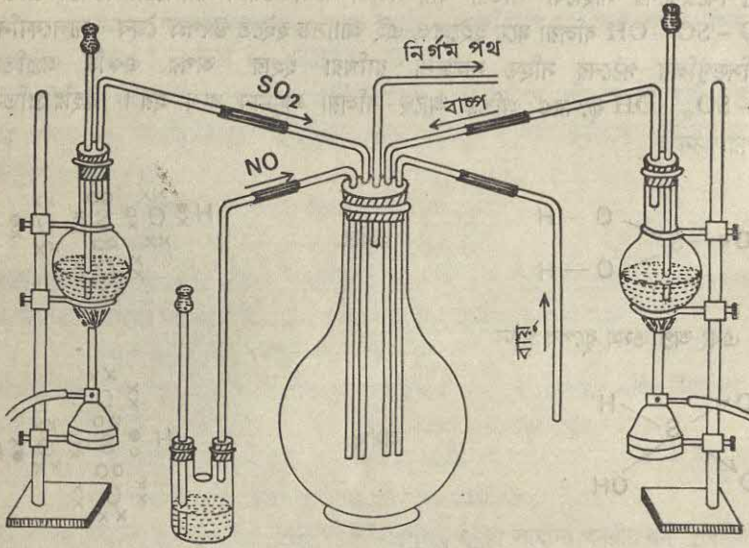
$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

কিন্তু প্রকৃতিতে ইহার বিভিন্ন ধাতব লবণকে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও জলের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অথবা সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, ক্লোরিন, নাইট্রিক অ্যাসিড

ইত্যাদি জারক দ্রব্যের সাহায্যে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু পরীক্ষাগারে সাধারণত লেডচেম্বার শিল্পোৎপাদন পদ্ধতির নীতি অবলম্বন করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত প্রণালী ঃ একটি কাচের বড় ফ্লাস্ককে চারটি দীর্ঘ প্রবেশ-নল ও একটি হ্রস্ব নির্গম-নল সংযুক্ত কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া উহার প্রবেশ-নলগুলির মাধ্যমে যথাক্রমে ঘন H_2SO_4 বাহী ধৌতি বোতলে শুষ্ককৃত (i) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস, (ii) সালফার ডাই-অক্সাইড, (iii) অক্সিজেন গ্যাস বা বায়ু এবং (iv)



চিত্র 6.9 পরীক্ষাগারে H_2SO_4 প্রস্তুতি

একটি ছোট ফ্লাস্কে জল ফুটাইয়া প্রস্তুত স্টীম চালনা করিয়া পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় (চিত্র 6.9)। প্রথমে বায়ু বা অক্সিজেন গ্যাস চালনা করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডের স্রোত প্রবাহিত করিলে বড় ফ্লাস্কটি বাদামী লাল নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পূর্ণ হইয়া যায়। অতঃপর নাইট্রিক অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড প্রায় একই হারে অল্পক্ষণ প্রবাহিত করার পর জলপূর্ণ ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করিলে জলীয় বাষ্প বড় ফ্লাস্কটির মধ্যে প্রবেশ করে।

বিক্রিয়ার প্রথম পর্যায়ে নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিড গঠিত হয়, যাহা জলীয় বাষ্পের দ্বারা বিয়োজিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2SO_2 + NO_2 + NO + O_2 + H_2O = 2SO_2(OH)\,O.NO$$
$$2SO_2(OH).O.NO + H_2O = 2SO_2(OH)_2 + NO_2 + NO$$

বিক্রিয়াশেষে তৈলসদৃশ সালফিউরিক অ্যাসিড ফ্লাস্কের নীচে সঞ্চিত হয় এবং ফ্লাস্কের মধ্যে লালচে বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপস্থিত থাকিতে দেখা যায়। [H_2SO_4-এর শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি অন্যত্র আলোচিত হইয়াছে।]

সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : ইহা বিশুদ্ধ অবস্থায় একটি বর্ণহীন গন্ধহীন তৈলসদৃশ সান্দ্র তরল পদার্থ (গলনাঙ্ক 10·49°C)। 98% সালফিউরিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 338°C এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84 ; ইহার জলের প্রতি প্রবল আসক্তি বর্তমান এবং জলে দ্রবীভূত হইবার সময় ইহা এত অধিক উত্তাপ নির্গত করে যে, দ্রবণটি অনেকসময় ফুটিতে থাকে। এজন্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবার সময় শীতল জলে ক্রমাগত নাড়িতে নাড়িতে অল্প অল্প ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। নিম্নতর তাপ-মাত্রায় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ কেলাসিত করিলে নির্দিষ্টসংখ্যক জলের অণুযুক্ত কয়েক প্রকার সোদক সালফিউরিক অ্যাসিড কেলাস পাওয়া যায়। যেমন

H_2SO_4, H_2O ; $H_2SO_4, 2H_2O$; $H_2SO_4, 4H_2O$ ইত্যাদি।

রাসায়নিক ধর্ম : (a) **বিয়োজন :** 444°C তাপমাত্রায় সালফিউরিক অ্যাসিড অণু প্রায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। $H_2SO_4 \rightleftharpoons SO_3 + H_2O$; কিন্তু শীতল করিলে আবার অ্যাসিডটিকে ফিরিয়া পাওয়া যায়। অপরপক্ষে সালফিউরিক অ্যাসিড বাষ্পকে উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্লাটিনাম বা কোয়ার্টজ নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে, বিয়োজনের ফলে যে-পদার্থগুলি উৎপন্ন হয়, তাহাদের শীতল করিয়া পুনরায় সালফিউরিক অ্যাসিড ফিরিয়া পাওয়া যায় না।

$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + O_2 + H_2O$$

লোহিত তপ্ত ঝামা পাথরের (Pumic stone) উপর বিন্দু বিন্দু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলেও এই একমুখী বিক্রিয়াটি ঘটে।

(b) **নিরুদন :** প্রবল জলাকর্ষী ধর্মের জন্য ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বহু জৈব যৌগকে বিয়োজিত করিয়া জল আহরণ করে ; যেমন

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + H_2SO_4 = 6C + [6H_2O + H_2SO_4] ;$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} + H_2SO_4 = \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} + [H_2O + H_2SO_4]$$

ইহা ফরমিক অ্যাসিডকে নিরুদিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইডে এবং অক্সালিক অ্যাসিডকে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণে পরিণত করে।

$$HCOOH + H_2SO_4 = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$(COOH)_2 + H_2SO_4 = CO_2 + CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

(c) **অ্যাসিড ধর্ম :** সালফিউরিক অ্যাসিড তীব্র দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড। ইহা দুইটি ধাপে আয়নিত হয় :

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^- \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

$$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{=} \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

আয়নীভবনের প্রথম ধাপটি গাঢ় দ্রবণে সম্পূর্ণ হইলেও দ্বিতীয় ধাপটি কেবলমাত্র লঘু দ্রবণেই সম্পূর্ণ হয়। তাই লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে আয়নীভবনের পরিমাণ গাঢ় অ্যাসিড অপেক্ষা অধিক অর্থাৎ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা তীব্রতর অ্যাসিড।

দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড হিসাবে সালফিউরিক অ্যাসিড দুই শ্রেণীর লবণঃ বাই বা অ্যাসিড লবণ ও নর্ম্যাল বা পূর্ণ লবণ উৎপন্ন করে।

$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4$ (সোডিয়াম বাই সালফেট) $+ H_2O$

$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4$ (সোডিয়াম সালফেট) $+ 2H_2O$

ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, আয়রন, প্রভৃতি যে-সব ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের ঊর্ধ্বে অবস্থিত তাহারা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে।

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$; $Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$

অ্যাসিড হিসাবে হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী হইলেও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা ইহারা অধিকতর উদ্বায়ী বলিয়া, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ইহাদের লবণকে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিডগুলি মুক্ত হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$
$$KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$$

(d) জারণ ধর্ম : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড, বিশেষত তপ্ত অবস্থায়, জারণ ধর্ম প্রদর্শন করে। শীতল অবস্থায় হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া ধীরগতি হইলেও তপ্ত অবস্থায় ইহা সহজেই হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয় ; $H_2SO_4 + H_2 = SO_2 + 2H_2O$। কার্বন, সালফার অথবা ফসফরাস তপ্ত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে এবং নিজেরা জারিত হইয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ও ফসফরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। শেষোক্ত ক্ষেত্রে কিছু ফসফোরিক অ্যাসিডও উৎপন্ন হয়।

$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$; $S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$;

$P_4 + 6H_2SO_4 = 4H_3PO_3 + 6SO_2$; $P_4 + 6H_2SO_4 = 4H_3PO_4 + 2S + 4SO_2$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণ হইতে প্রথমে যথাক্রমে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডকে মুক্ত করিয়া পরবর্তী বিক্রিয়ায় উহাদের সংশ্লিষ্ট হ্যালোজেনে জারিত করে।

$$2NaBr + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HBr$$
$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$
$$2KI + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HI$$
$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে এবং ফুটন্ত অবস্থায় ফেরাস সালফেটকে জারিত করিয়া ফেরিক সালফেটে পরিণত করে।

$$H_2S + H_2SO_4 = S + SO_2 + 2H_2O ;$$
$$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O + SO_2$$

অধিকাংশ ধাতু ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে, বিশেষত উত্তপ্ত করা হইলে। তবে সোডিয়াম, পটাসিয়াম অথবা

ম্যাগনেসিয়াম শীতল ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথারীতি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। $Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$

$$2Ag+2H_2SO_4=Ag_2SO_4+SO_2+2H_2O$$
$$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+SO_2+2H_2O$$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জিঙ্ক দ্বারা বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইলেও, অল্প পরিমাণ জল দ্বারা লঘুকৃত হইলে (4 আয়তন ঘন অ্যাসিডের সহিত 1 আয়তন জলের মিশ্রণ), বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন সালফাইড ও সামান্য সালফার উৎপন্ন করে। $4Zn+5H_2SO_4=4ZnSO_4+H_2S+4H_2O$

(e) ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড সালফিউরিক অ্যাসিড অণুতে উপস্থিত হাইড্রক্সিল মূলক দুইটিকে জলের অনুপস্থিতিতে ক্লোরাইড মূলক দ্বারা ধাপে ধাপে প্রতিস্থাপিত করিয়া ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড ও সালফিউরিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$SO_2(OH)_2+PCl_5=SO_2(OH)Cl+POCl_3+HCl\ ;$$
$$SO_2(OH)Cl+PCl_5=SO_2Cl_2+POCl_3+HCl$$

পরীক্ষা দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ :

(a) **সালফিউরিক অ্যাসিড জল অপেক্ষা ভারী :** একটি অর্ধজলপূর্ণ পরীক্ষা-নলকে সামান্য কাত করিয়া ধরিয়া, উহার ভিতরকার গাত্র বাহিয়া অন্য একটি পরীক্ষানল হইতে ধীরে ধীরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে দেখা যাইবে যে, তৈলসদৃশ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জলের তলায় নামিয়া আসিয়া অন্য একটি স্তর উৎপন্ন করিয়াছে।

(b) **সালফিউরিক অ্যাসিডের অ্যাসিডধর্ম আছে :** তিনটি পরীক্ষানলে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া একটিতে কয়েক বিন্দু নীল লিটমাস দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট চূর্ণ এবং তৃতীয়টিতে কয়েকটি জিঙ্কের দানা যোগ করিলে দেখা যায় যে, প্রথমটিতে নীল লিটমাস দ্রবণ লাল হইয়া গিয়াছে। দ্বিতীয়টিতে প্রচুর ফেনার সৃষ্টি করিয়া এমন একটি গ্যাস নির্গত হইতেছে যাহা চুনের জলকে অস্বচ্ছ করে এবং তৃতীয়টিতে এমন একটি গ্যাস নির্গত হইতেছে যাহা জ্বালাইয়া দিলে নীল শিখা সহ জ্বলিতে থাকে। চুনের জলকে অস্বচ্ছ করা কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম এবং নীল শিখা সহ জ্বলা হাইড্রোজেনের ধর্ম। অতএব দেখা যাইতেছে যে, সালফিউরিক অ্যাসিড নীল লিটমাস দ্রবণকে লাল করে, সোডিয়াম বাই-কার্বনেট হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে এবং ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। অর্থাৎ ইহার মধ্যে অ্যাসিডের সকল ধর্মই বর্তমান।

(c) **সালফিউরিক অ্যাসিড নিরুদক দ্রব্য :** একটি পরীক্ষানলে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহার মধ্যে কিছু চিনির দানা যোগ করিলে দেখা যায় যে, অনতিবিলম্বে সাদা চিনির দানা কালো হইয়া গিয়াছে। অতঃপর পরীক্ষানলের মধ্যে জল ঢালিয়া ভিতরকার অ্যাসিডকে লঘু করার পর ফিল্টার করিলে, উৎপন্ন কালো চূর্ণকে অবশেষ হিসাবে পাওয়া যাইবে। এই চূর্ণ কার্বন, কারণ ইহাকে পুড়াইলে উৎপন্ন গ্যাস চুনের জল ঘোলা করে, অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইড। অতএব ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড চিনিকে নিরুদিত করিয়া কার্বনে পরিণত করিয়াছে।

$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2SO_4=12C+[11H_2O+H_2SO_4]$$

(d) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য : একটি পরীক্ষানলে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম আয়োডাইড কেলাস লইয়া উত্তপ্ত করিলে পরীক্ষা-নলটি ঘন বেগুনী আয়োডিন বাষ্পে পূর্ণ হইয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিড জারক দ্রব্য বলিয়া পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে। অনুরূপভাবে, অপর একটি পরীক্ষানলে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড কেলাস লইয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যায় যে, সালফিউরিক অ্যাসিড পটাসিয়াম ব্রোমাইডকে জারিত করিয়া ব্রোমিন উৎপন্ন করে এবং পরীক্ষানলটি লাল ব্রোমিন বাষ্পে পূর্ণ হইয়া যায়। (বিক্রিয়াগুলি সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম আলোচনা প্রসঙ্গে পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে।)

সালফিউরিক অ্যাসিডে H_2, O_2 এবং S-এর অস্তিত্বের প্রমাণ :

(a) হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব : একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত উল্ফ বোতলে কিছু পাতিত জল ও জিঙ্কের ছিবড়া রাখিলে কোনও বিক্রিয়া ঘটিতে দেখা যায় না, কিন্তু দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে বোতলের মধ্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে তৎক্ষণাৎ বুদ্‌বুদ্ আকারে গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। উৎপন্ন গ্যাসকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করিয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, উহা নীলাভ শিখাসহ জ্বলিয়া জলবিন্দু উৎপন্ন করে। সুতরাং উহা হাইড্রোজেন এবং বিক্রিয়ার পূর্বে উহা সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অন্যতম উপাদান হিসাবে উপস্থিত ছিল। $H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$

(b) অক্সিজেনের অস্তিত্ব : একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে কিছু ঝামা পাথরের টুকরা লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে এবং বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে উহার উপর বিন্দু বিন্দু সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে, সালফিউরিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন, সালফার ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হইবে। উৎপন্ন গ্যাস-বাষ্প মিশ্রণকে হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে, উহার মধ্যে উপস্থিত সালফার ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প তরলীভূত হইয়া নলের মধ্যে জমা হইবে এবং অপরিবর্তিত অবস্থায় যে-গ্যাস U-নল হইতে নিষ্ক্রান্ত হইবে, পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, উহা অক্সিজেন ; কারণ উহা নিজে দাহ্য নহে কিন্তু শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা ঐ গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। অতএব অক্সিজেনও সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি অন্যতম উপাদান।

$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + O_2 + 2H_2O$$

(c) সালফারের অস্তিত্ব : পূর্বোক্ত পরীক্ষায় প্রাপ্ত U-নলে সঞ্চিত তরলটিকে অল্প জল সমেত একটি বদ্ধনলের মধ্যে লইয়া 150° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে একপ্রকার হলুদচূর্ণ অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যাইবে এবং পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, উহা সালফার ব্যতীত অন্য কিছুই নহে ; কারণ উহাকে বায়ুতে পুড়াইলে যে-শ্বাস-রোধী গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হইবে তাহা লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে কালো এবং অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কাগজকে সবুজ করিবে।

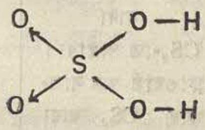
$$2H_2O + 3SO_2 = S + 2H_2SO_4$$

অতএব সালফারও সালফিউরিক অ্যাসিডের আর একটি উপাদান।

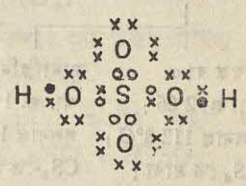
সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেট মূলকের সনাক্তকরণ ঃ

(i) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত তামার কুচি মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় যাহা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট কাগজকে সবুজ করে এবং পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে। (ii) লেড নাইট্রেট দ্রবণের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেট সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। (iii) বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেটের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। (iv) সালফেট লবণকে কাঠকয়লার উপরে বুনসেন দীপের বিজারণ শিখার সাহায্যে বিজারিত করার পর একটি চকচকে রূপার মুদ্রার উপর রাখিয়া এক ফোঁটা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে রূপার মুদ্রার গায়ে কালো দাগ উৎপন্ন হয়।

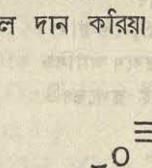
সালফিউরিক অ্যাসিডের গঠন ঃ সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন নিম্নরূপ ঃ



অর্থাৎ

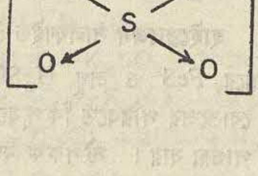


সালফেট আয়নকে একটি সালফাইড আয়ন



যাহা চারটি প্রশম অক্সিজেন পরমাণুকে চারটি ইলেকট্রন যুগল দান করিয়া অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ করিয়াছে, এমন রূপে কল্পনা করা যায়।

অর্থাৎ সালফেট আয়নের গঠন



সার-সংক্ষেপ

সালফার মুক্ত অবস্থা ব্যতীত যৌগরূপে বিভিন্ন আকরিকে উপস্থিত থাকে।

নিষ্কাশন ঃ (i) সিসিলীয় পদ্ধতিতে বালি, মাটি ইত্যাদি অশুদ্ধিযুক্ত সালফারকে খণ্ডাকৃতি অবস্থায় আংশিকভাবে প্রজ্বলিত করা হয়। সালফারের একাংশের দহনজাত

উত্তাপে অপরাংশ গলিত হইয়া ঢালু পথে কাষ্ঠ-নির্মিত ছাঁচে আসিয়া কঠিন সালফারে পরিণত হয়।

(ii) আমেরিকায় ব্যবহৃত ফ্র্যাশ পদ্ধতিতে ভূগর্ভস্থিত সালফারকে প্রোথিত নলের মাধ্যমে অতিরিক্ত চাপে প্রেরিত 165°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত জলের সাহায্যে তরলীভূত করিয়া, 27 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে প্রেরিত বায়ুর সাহায্যে বাহিরে লইয়া আসা হয়।

(iii) যে-সকল দেশে সালফার খনি নাই, সেই সকল দেশে সালফারের যৌগ হইতে সালফার নিষ্কাশনের বিভিন্ন পদ্ধতিও অনুসৃত হয়।

সালফারের বহুরূপতা

সালফার

- নিয়তাকার
  - রম্বিক বা α
    আ. গু. 2·06; গলনাঙ্ক 112·8°C; CS_2 তে দ্রাব্য; CS_2-তে দ্রবীভূত সালফার দ্রবণ বাষ্পীভূত করিলে এই সুস্থিততম রূপভেদ পাওয়া যায়।
  - মনোক্লিনিক বা β
    আ. গু. 1·96; গলনাঙ্ক 119°C; CS_2-তে দ্রাব্য; গলিত রোল সালফার শীতল করিলে কেলাসিত হয়।
- অনিয়তাকার
  - প্লাস্টিক বা γ
    আ. গু. 1·92; গলনাঙ্ক 112·8°C; CS_2-তে অদ্রাব্য; ফুটন্ত সালফার সূতার আকারে শীতল জলে ঢালিলে রবার সদৃশ এই রূপভেদ সৃষ্ট হয়।
  - সাদা
    CS_2-তে অদ্রাব্য। ফ্লাওয়ার্স অব সালফার CS_2 দ্বারা দ্রাবিত করিলে অবশেষ হিসাবে পাওয়া যায়।
  - মিল্ক অব সালফার
    আ. গু 1·82, CS_2-তে দ্রাব্য। পলিসালফাইড দ্রবণে অ্যাসিড যোগ করিলে এই রূপভেদটি অধঃক্ষিপ্ত হয়।
  - কলয়ডীয় বা δ
    $Na_2S_2O_3$ দ্রবণকে অতিদ্রুত আম্লিক করিলে বা SO_2-এর শীতল দ্রবণে H_2S চালিত করিলে এইরূপ রূপভেদ সৃষ্ট হয়। এই শ্রেণীর কতকগুলি CS_2-তে দ্রাব্য, অন্যেরা অদ্রাব্য।

হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)

প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগারে FeS ও লঘু H_2SO_4 বা HCl-এর বিক্রিয়ায় H_2S প্রস্তুত করা হয়। উল্‌ফ্‌ বোতলের পরিবর্তে কিপ্‌যন্ত্রে H_2S প্রস্তুত করিলে প্রয়োজন অনুযায়ী ইচ্ছামত সরবরাহ পাওয়া যায়। স্টপকক বন্ধ করিয়া দিলে বিক্রিয়ক FeS ও অ্যাসিড পৃথক হইয়া যায় এবং বিক্রিয়া বন্ধ হয়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

ধর্ম ঃ H_2S বর্ণহীন পচা ডিমের গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। ইহা দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড।

অ্যাসিড হিসাবে বিক্রিয়া ঃ

$$H_2S + NaOH = NaHS + H_2O$$

$$H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H_2O$$

বিজারক হিসাবে বিক্রিয়া : $H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S$;
$H_2 + SX_2 = 2HX + S$ (যেখানে $X = Cl, Br$ বা I)
$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$
$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$
$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3S + 7H_2O$
$2HNO_3$ (গাঢ়) $+ H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$
H_2SO_4 (গাঢ়) $+ H_2S = SO_2 + 2H_2O + S$
$SO_2 + H_2S = 3S + 2H_2O$

অধঃক্ষেপণ : ইহা ধাতবমূলক বিশ্লেষণকালীন IIA ও IIB গ্রুপের ধাতুগুলিকে অ্যাসিড দ্রবণ হইতে বৈশিষ্ট্যসূচক বর্ণের সালফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$CuSO_4 + H_2S = H_2SO_4 + CuS$ (কালো)
$ZnCl_2 + 2NH_4OH + H_2S = 2NH_4Cl + 2H_2O + ZnS$ (সাদা)

সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত কপার কুচি উত্তপ্ত করিয়া SO_2 প্রস্তুত করা হয়। $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

ধর্ম : ইহা বর্ণহীন শ্বাসরোধকারী গন্ধযুক্ত গ্যাস। জলীয় দ্রবণে অস্থিত সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) উৎপন্ন করে। $H_2O + SO_2 = H_2SO_3$

অ্যাসিড ধর্ম : $SO_2 + NaOH = NaHSO_3$
$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$

জারণ-ধর্ম : $4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3$

$3Sn + SO_2 = 2SnO + SnS$; $3Cu + 2SO_2 \xrightarrow{\Delta} Cu_2S + CuSO_4$
$SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S$

বিজারণ ধর্ম : $SO_2 + X_2 = SO_2X_2$ (যেখানে $X = F, Cl$ বা Br)
গ্যাস সূর্যালোক

SO_2 (জলীয় দ্রবণ) $+ X_2 + 2H_2O = 2HX + H_2SO_4$
(যেখানে $X = Cl, Br$ বা I)
$2KIO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = I_2 + 3H_2SO_4 + 2KHSO_4$
$I_2 + 2H_2O + SO_2 = 2HI + H_2SO_4$
$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$
$K\ Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$
$FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_2$

বিরঞ্জন ধর্ম : জলের উপস্থিতিতে SO_2 জায়মান হাইড্রোজেন সৃষ্টি করিয়া অনেক জৈব রঞ্জক পদার্থ বিরঞ্জন করে। $SO_2 + 2H_2O \rightarrow$ ৭$_2SO_4 + 2[H]$
রঞ্জক পদার্থ + [H] → বিরঞ্জিত পদার্থ

সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3)

প্রস্তুতি : $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ (450°C ; Pt)

$2FeSO_4 \overset{\triangle}{=} Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$

$Fe_2(SO_4)_3 \overset{\triangle}{=} Fe_2O_3 + 3SO_3$; $H_2S\ O_7 \overset{\triangle}{=} H_2SO_4 + SO_3$

ধর্ম : সাধারণ তাপমাত্রায় উদ্বায়ী তরল (স্ফুটনাঙ্ক 44·5°C), অত্যধিক জলাকর্ষী অ্যাসিড অক্সাইড। $H_2O + SO_3 = H_2SO_4$।

ইহা জারক পদার্থ ; $C + 2SO_3 = CO_2 + 2SO_2$;

$2KI + 2SO_3 = K_2SO_4 + I_2 + SO_2$

সালফিউরাস অ্যাসিড ($H\ SO_3$)

SO_2-এর জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন অস্থিত অ্যাসিড ; $H_2O + SO_2 = H_2SO_3$। ইহা দুর্বল দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড। $NaOH + H_2SO_3 = NaHSO_3 + H_2O$

$NaHSO_3 + NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$।

ইহার রাসায়নিক ধর্ম জলীয় দ্রবণে SO_2-এর রাসায়নিক ধর্মের সহিত অভিন্ন।

সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে অথবা লেডপ্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে শিল্পোৎপাদনে, NO বা NO_2-এর উপস্থিতিতে SO_2, জলীয় বাষ্প ও বায়ুর অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় H_2SO_4 প্রস্তুত করা হয়। নাইট্রোজেনের অক্সাইড অক্সিজেন বাহকের কাজ করে।

$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$; $2NO + O_2 = 2NO_2$; $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

ধর্ম : বর্ণহীন, গন্ধহীন, তৈলসদৃশ সান্দ্র তরল। প্রবল জলাকর্ষী। গাঢ় H_2SO_4-এর জারক ধর্ম বর্তমান। ইহা দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড।

নিরুদন : $HCOOH + H_2SO_4$ (গাঢ়) $= CO + [H_2O + H_2SO_4]$

170°C

$C_2H_5OH + H_2SO_4$ (গাঢ়) $= C_2H_4 + [H_2O + H_2SO_4]$

$C_6H_{12}O_6 + H_2SO_4$ (গাঢ়) $= 6C + [6H_2O + H_2SO_4]$

অ্যাসিড ধর্ম : $Zn + H_2SO_4$ (লঘু) $= ZnSO_4 + H_2$

$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4$;

$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$

জারণ ধর্ম : $C + 2H_2SO_4$ (গাঢ়) $= CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$

$S + 2H_2SO_4$ (গাঢ়) $= 3SO_2 + 2H_2O$

$2KI + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + SO_2 + I_2 + 2H_2O$

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. প্রকৃতিতে সালফার কি ভাবে অবস্থান করে? ফ্র্যাশ পদ্ধতির সাহায্যে সালফার নিষ্কাশনের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

2. বহুরূপতা কাহাকে বলে? সালফারের বিভিন্ন রূপভেদ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। বিভিন্ন রূপভেদ যে একই মৌল সালফার দ্বারা গঠিত তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে?

3. সালফারের ভৌত ও রসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

4. (a) হাইড্রোজেন, (b) কপার, (c) ক্লোরিন, (d) কস্টিক সোডা, (e) নাইট্রিক অ্যাসিড এবং (f) সালফিউরিক অ্যাসিড-এর সহিত সালফারের বিক্রিয়া কি কি শর্তে সংঘটিত হয়?

5. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ভৌত-ধর্ম, রাসায়নিক ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সাল-ফাইড কি ভাবে পাওয়া যায়?

6. (a) হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড এবং শুষ্কীকরণে সাল-ফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যাইবে কি? হাইড্রোজেনমুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড কিভাবে প্রস্তুত করিবে?

7. রসায়নাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড কি ভাবে প্রস্তুত করিবে? ইহাকে কি ভাবে বিশুদ্ধ করা হয়? ইহার ভৌত ধর্ম, রাসায়নিক ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

8. সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত চুনজল, ক্লোরিন জল, হাইড্রোজেন সালফাইড, ফেরিক ক্লোরাইড এবং ধাতব পটাসিয়ামের বিক্রিয়া সমীকরণসহ বিবৃত কর।

9. সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে? সালফার ডাই-অক্সাইডকে কিভাবে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করিবে? সালফার ডাই-অক্সাইড কিভাবে বিরঞ্জন ঘটায়? রাসায়নিক সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। সালফার ট্রাই-অক্সাইড হইতে কিভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা যায়? সালফার ডাই-অক্সাইডকে কিভাবে সনাক্ত করিবে?

10. সালফার ডাই-অক্সাইড এবং ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনা কর। সালফার ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর।

11. সালফার ট্রাই-অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

12. সালফিউরাস অ্যাসিডের দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইহার কয়েকটি ধর্মের উল্লেখ কর। অনার্দ্র সালফিউরাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভব কি? দেখাও যে, ইহা একাধারে জারক এবং বিজারক।

13. সালফাইট লবণ কাহাকে বলে? সালফাইট মূলক কিভাবে সনাক্ত করিবে?

14. সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদন কি ভাবে হয়? এই পদ্ধতিতে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ায় চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব সম্বন্ধে আলোচনা কর। ওলিয়াম কথাটির অর্থ কি?

15. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত নিম্নলিখিত পদার্থগুলির বিক্রিয়ার শর্ত ও সমীকরণ লিখ। (a) ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইড (b) কার্বন (c) সালফার (d) পটাসিয়াম আয়োডাইড।

16. পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ কর যে, সালফিউরিক অ্যাসিড (a) একটি জারক পদার্থ, (b) একটি নিরুদক পদার্থ, (c) একটি অ্যাসিড। পরীক্ষাগারে কোন্ কোন্ গ্যাস ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা শুষ্ক করা হয়? কোন্ কোন্ গ্যাস সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা সম্ভব নহে?

17. রসায়নাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহার ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। সালফেট মূলক সনাক্ত করিতে কোন্ বিক্রিয়ার সাহায্য লইবে?

18. প্রমাণ কর যে, সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার ও অক্সিজেন আছে। সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত নিম্নলিখিত পদার্থের বিক্রিয়াগুলি শর্ত ও সমীকরণসহ লিখ।

(a) সালফার, (b) কার্বন, (c) কপার, (d) লেড, (e) পটাসিয়াম নাইট্রেট, (f) বেরিয়াম নাইট্রেট।

19. কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। [Tripura, 984]

20. (a) সালফারের বহুরূপতা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। (b) শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির কন্‌ট্যাক্ট পদ্ধতি বর্ণনা কর। [Tripura, 1983]

21. পরীক্ষাগারে কিপ যন্ত্রের সাহায্যে কিভাবে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর। রসায়নাগারে গ্যাসটির ব্যবহার সম্পর্কে যাহা জান সমীকরণসহ লিখ। [Tripura, 1981 '85]

22. (a) ল্যাবোরেটরিতে কি ভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। (b) H_2S গ্যাসকে পৃথক ভাবে (i) জলে ভাসমান আয়োডিন চূর্ণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল ও (ii) অম্লকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল। উভয়ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণসহ বর্ণনা কর। [H. S. 1984]

23. (a) কিপ্ যন্ত্রের সাহায্যে কিভাবে ল্যাবরেটরিতে প্রয়োজন অনুসারে যে-কোন সময়ে হাইড্রোজেন সালফাইড সরবরাহ করা যায় চিত্রসহ বুঝাইয়া লিখ। (b) লঘু HCl যুক্ত একটি দ্রবণে $CuCl_2$ ও $ZnCl_2$ উভয়ই বর্তমান আছে। ঐ দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করিলে কি ঘটিবে ব্যাখ্যাসহ লিখ। [H. S. 1982]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. (a) গাঢ় ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্মের পার্থক্য উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। [H. S. 1980]

(b) সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে সালফিউরাস অ্যাসিড কিভাবে পাওয়া যাইতে পারে? [H. S. 1980]

(c) সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণ ও লঘু সালফিউরিক কিভাবে সনাক্ত করা যায়? [H. S. 1981]

(d) যুক্তির সাহায্যে প্রমাণ কর, H_2S একটি বিজারক গ্যাস। [H. S. 1981]

(e) SO_2 গ্যাস শুষ্ক করিতে CaO ও $CaCl_2$-এর মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করিবে? [H. S. 1983]

(f) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু করিবার সময় জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অ্যাসিড যোগ করা হয় কেন? [H. S. 1985]

(g) জলীয় বাষ্পের অনুপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বিরঞ্জন করিতে পারে না কেন? [H. S. 1985]

(h) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা হাইড্রোজেন আয়োডাইকে শুষ্ক করা যায় না কেন? [H. S. 1985, J. E. 1984]

(i) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফারের উপস্থিতি কিভাবে পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করিবে? [J. E. 1981]

(j) সোডিয়াম সালফেটকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না কেন? [J. E. 1982]

(k) পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না কেন? [J. E. 1983]

(l) সালফার ডাই-অক্সাইড যে জারক দ্রব্য ও বিজারক দ্রব্য, এই দুইভাবেই ক্রিয়া করিতে পারে, তাহা যুক্তিসহ প্রমাণ কর। [J. E. 1983]

(m) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস শুষ্ক করিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না কেন? [J. E. 1981]

(n) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের তুলনায় তীব্রতর অ্যাসিড হিসাবে ব্যবহার করে কেন? [J. E. 1980]

(o) H_2SO_4-এর ভিতরকার সকল পরমাণুগুলির মধ্যে উপস্থিত বন্ধনগুলি (bonds) এবং ইলেকট্রন বিন্যাস প্রদর্শন কর। [J. E. 1979]

(p) কি করিয়া প্রমাণ করিবে, হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণ বিজারক পদার্থ? [J. E. 1979]

(q) কি করিয়া প্রমাণ করিবে, হাইড্রোজেন সালফাইডের দ্রবণ দুর্বল দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড? [J. E. 1979]

2. কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ:

(a) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রিক ক্লোরাইড ও জিঙ্ক ক্লোরাইডের মিশ্রিত দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল। [H. S. 1985]

(b) গন্ধককে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটানো হইল। [H. S. 1985, Tripura, 1985]

(c) সোডিয়াম সালফাইটের গাঢ় দ্রবণকে গন্ধক মিশাইয়া ফুটানো হইল। [J. E. 1985]

(d) সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল। [Tripura, 1984]

(e) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করা হইল। [Tripura, 1984]

(f) অ্যাসিডমিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন চালনা করা হইল। [Tripura, 1980]

(g) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে চালনা করা হইল। [H. S 1984]

(h) লোহিততপ্ত ঝামাপাথরের উপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা ফেলা হইল। [H. S. 1984]

(i) অতিরিক্ত ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত গন্ধকচূর্ণ উত্তপ্ত করা হইল। [H. S. 1984]

(j) H_2S গ্যাসকে জলে ভাসমান আয়োডিন চূর্ণের মধ্যে চালনা করা হইল। [H. S. 1983]

(k) H_2S গ্যাসকে অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল। [H. S. 1983, J. E. '80]

(l) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠান হইল। [H. S. 1982]

(m) K_2CrO_4 দ্রবণে SO_2 গ্যাসের দ্রবণ মিশান হইল। [H. S. 1981]

(n) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে ক্লোরিন ওয়াটারের মধ্যে চালনা করা হইল। [J. E. 1983]

(o) সোডিয়াম ফরমেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হইল। [J. E. 1982]

(p) কার্বনকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হইল। [J. E 1982]

(q) SO_2 গ্যাসকে জলে প্রলম্বিত আয়োডিন চূর্ণের মধ্যে চালনা করা হইল। [J. E. 1978, '80]

(r) অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইডকে ধীরে ধীরে চুনের জলের মধ্যে চালনা করা হইল। [J. E. 1879]

(s) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

৭

হ্যালোজেন ও উহাদের হাইড্রাসিড

[HALOGENS AND THEIR HYDRACIDS]

[**Syllabus** : Halogens : Fluorine, Chlorine, Bromine and Iodine—a Comparative study ; Hydracids]

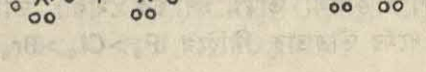
তুলনামূলক আলোচনা ঃ পর্যায় সারণীতে সপ্তম শ্রেণীর B উপশ্রেণীর (group VII B) অন্তর্ভুক্ত ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন রাসায়নিক ধর্মের বিচারে পরস্পরের সহিত নিবিড় সম্পর্কযুক্ত এবং একত্রিতভাবে 'হ্যালোজেন' নামে পরিচিত (গ্রীক hals-এর অর্থ সামুদ্রিক লবণ এবং তাই হ্যালোজেনের শব্দগত অর্থ সামুদ্রিক লবণ উৎপাদনকারী)। বিভিন্ন হ্যালোজেনের চিহ্ন, পারমাণবিক গুরুত্ব পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক, এবং ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

মৌলের নাম	চিহ্ন	পারমাণবিক গুরুত্ব	পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক	ইলেকট্রন বিন্যাস				
				k 1s	L 2s 2p	M 3s 3p 3d	N 4s 4p 4d 4f	O 5s 5p
ফ্লোরিন	F	19	9	$1s^2$	$2s^2 2p^5$			
ক্লোরিন	Cl	35·5	17	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^5$		
ব্রোমিন	Br	80	35	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^5$	
আয়োডিন	I	127	53	$1s^2$	$2s^2 2p^6$	$3s^2 3p^6 3d^{10}$	$4s^2 4p^6 4d^{10}$	$5s^2 5p^5$

যোজ্যতা ঃ হ্যালোজেন গোষ্ঠীভুক্ত প্রত্যেকটি মৌল পরমাণুর সর্ববহিঃস্থকক্ষে সাতটি ইলেকট্রন থাকে। তাই উহারা তৎপরতার সহিত একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে এবং একক তড়িদাধানযুক্ত ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হয়। এইজন্য হ্যালোজেন মৌলগুলি একক ঋণাত্মক যোজ্যতাযুক্ত প্রতিনিধিস্থানীয় অধাতু হিসাবে পরিগণিত। অবশ্য হ্যালোজেন ধনাত্মক যোজ্যতাও প্রদর্শন করিতে পারে এবং স্বভাবতই ইহাদের সর্বোচ্চ সম্ভাব্য ধনাত্মক যোজ্যতা সাত। কিন্তু বাস্তবে কেবলমাত্র ক্লোরিন ও আয়োডিনই এইরূপ সপ্তযোজী অবস্থায় যৌগ গঠন করে। ব্রোমিনের জ্ঞাত যৌগগুলির মধ্যে উহার সর্বোচ্চ ধনাত্মক যোজ্যতা পাঁচ এবং ফ্লোরিন (তীব্রতম তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বলিয়া) কোনও যৌগেই ধনাত্মক যৌজ্যতা প্রদর্শন করিতে পারে না।

$$X+e \rightarrow X^- \; ; \; X_2+2e \rightarrow 2X^-$$

আণবিক গঠন ও বিয়োজন ঃ গ্যাসীয় অবস্থায় হ্যালোজেন অণু দ্বিপরমাণুক ; তুইটি পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া অণু গঠন করে।



উত্তপ্ত করিলে হ্যালোজেন অণু সহজে বিয়োজিত হয় না। তবে 1100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে Cl_2 অণু যৎসামান্য, Br_2 অণু প্রায় 6% এবং আয়োডিন অণু 1000° সেন্টিগ্রেডেরও নিম্ন তাপমাত্রায় আরও অধিক পরিমাণে বিয়োজিত হয়। $X_2 \rightleftharpoons 2X$; অর্থাৎ পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজনের মাত্রা বাড়িতে থাকে।

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে হ্যালোজেনের সক্রিয়তা কমে। কোনও একটি হ্যালাইডের হ্যালোজেন সক্রিয়তর হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। সক্রিয়তার নিরিখে $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$। অর্থাৎ Br_2 আয়োডাইড হইতে I_2-কে, Cl_2 ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে Br_2 ও I_2 কে এবং F_2 ক্লোরাইড, ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে Cl_2, Br_2 ও I_2-কে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

$X_2 + 2HY = Y_2 + 2HX$ [Y অন্য একটি হ্যালোজেন পরমাণু]।

কিন্তু সক্রিয়তার পূর্বোক্ত মানদণ্ড হ্যালোজেনের তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল হিসাবে বিক্রিয়াকালেই প্রযোজ্য। যখন হ্যালোজেনের জারণসংখ্যা ধনাত্মক অর্থাৎ যখন যৌগের মধ্যে হ্যালোজেন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল হিসাবে অবস্থান করে তখন সক্রিয়তার ক্রম ঠিক বিপরীত $I_2 > Br_2 > Cl_2$; এবং তাই আয়োডিন পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরিন মুক্ত করে।

$$2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$$

ক্ষার ও জলের সহিত বিক্রিয়া : সব হ্যালোজেনই জলের সহিত অল্পাধিক বিক্রিয়া করে। ফ্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় (অল্প O_3 বা H_2O_2-এর সহিত) O_2-এর উৎপত্তি এক ব্যতিক্রম ; অন্যান্য হ্যালোজেন জলের দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া উভমুখী বিক্রিয়ায় হাইড্রোহ্যালিক অ্যাসিড ও হাইপোহ্যালাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। $X_2 + H_2O \rightleftharpoons HX + HOX$ (হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড)

ক্ষার উৎপন্ন অ্যাসিডকে হ্যালাইড ও হাইপোহ্যালাইট লবণে পরিণত করে এবং সম্মুখ বিক্রিয়া প্রায় পূর্ণতা প্রাপ্ত হয়।

$X_2 + 2NaOH = NaX + H_2O + NaOX$ (সোডিয়াম হাইপোহ্যালাইট)

কিন্তু উষ্ণ অবস্থায় গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় হাইপোহ্যালাইট বিয়োজিত হইয়া হ্যালাইড ও হ্যালেটে পরিণত হয়।

$3NaOX = 2NaX + NaXO_3$ (সোডিয়াম হ্যালেট)

ক্ষারের সহিত ফ্লোরিনের বিক্রিয়াতে ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয় এবং হাইপোহ্যালাইট বা হ্যালেটের স্থলে ফ্লোরিন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2F_2 + 2NaOH = 2NaF + F_2O + H_2O$$

জারণ ধর্ম : তৎপরতার সহিত ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে সক্ষম বলিয়া হ্যালোজেন গোষ্ঠীভুক্ত মৌলগুলি শক্তিশালী জারক পদার্থ। সমস্ত মৌলের মধ্যে ফ্লোরিনই সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। তাই ইহার জারণধর্মও তীব্রতম। জারণ ধর্মের তীব্রতার নিরিখে $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$। অন্য দিকে

হ্যালাইডগুলির মধ্যে ক্লোরাইডে অতিরিক্ত ইলেকট্রনটি সর্বাপেক্ষা দৃঢ়ভাবে এবং আয়োডাইডে সর্বাপেক্ষা শিথিলভাবে আবদ্ধ। তাই আয়োডাইড সর্বাপেক্ষা সহজে এবং ক্লোরাইড সর্বাপেক্ষা প্রতিকূলতার সহিত ইলেকট্রন বর্জন করিয়া নিজে জারিত হয় এবং অন্যকে বিজারিত করে। সুতরাং হ্যালাইডগুলির মধ্যে বিজারণ ধর্মের প্রাবল্যের বিচারে $I^- > Br^- > Cl^- > F^-$।

অধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়াকালে বিভিন্ন হ্যালোজেনের জারণ ক্ষমতার বৈষম্য পরিষ্কারভাবে প্রতিভাত হয়। হাইড্রোজেন বিস্ফোরণসহ ফ্লোরিনের সহিত অন্ধকারের মধ্যেও যুক্ত হয়। আলোকে উদ্ভাসিত হইলে ক্লোরিনের সহিত বিস্ফোরণসহ এবং ব্রোমিনের সহিত শান্তভাবে বিক্রিয়া করে এবং আয়োডিনের সহিত যুক্ত হয় কেবলমাত্র প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায়। $H_2 + X_2 = 2HX$

সর্বাপেক্ষা সক্রিয় হ্যালোজেন হিসাবে ফ্লোরিন, নিষ্ক্রিয় গ্যাস, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ব্যতীত অন্য সকল প্রকার অধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হয় এবং পরোক্ষ উপায়ে ইহার অক্সিজেন অথবা নাইট্রোজেন যৌগও প্রস্তুত করা সম্ভব; ক্লোরিন, নিষ্ক্রিয় গ্যাস, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ব্যতীত কার্বনের সহিতও সরাসরি যুক্ত হইতে পারে না এবং বিক্রিয়াকালে ফ্লোরিন অপেক্ষা কম তৎপরতা প্রদর্শন করে। ব্রোমিনের সক্রিয়তা আরও কম এবং ইহা নিষ্ক্রিয় গ্যাস, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ও সিলিকনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইতে পারে না। অপরপক্ষে হ্যালোজেনগোষ্ঠীর মধ্যে সর্বাপেক্ষা কম সক্রিয় আয়োডিনের সরাসরি যুক্ত হইবার ক্ষমতা কেবলমাত্র ফসফরাস, আর্সেনিক, হাইড্রোজেন, অন্যান্য হ্যালোজেন ইত্যাদি অল্প কয়েকটি অধাতুর মধ্যে সীমাবদ্ধ।

ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ ফ্লোরিন ও ক্লোরিন সকল ধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হয়। অধিকাংশ ধাতুকেই ফ্লোরিন বা ক্লোরিন পরিমণ্ডলে প্রজ্বলিত করা যায়। বহু ধাতু ফ্লোরিনের সংস্পর্শমাত্রই স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া উঠে, কিন্তু ক্লোরিন পরিমণ্ডলে প্রজ্বলিত করিবার জন্য সাধারণত তাপ প্রয়োগের অথবা জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির প্রয়োজন হয়। ব্রোমিন দ্বারাও অধিকাংশ ধাতু আক্রান্ত হয়, কিন্তু ব্রোমিন বাষ্পের মধ্যে প্রজ্বলিত হয় এমন ধাতুর সংখ্যা অল্প। আয়োডিনের সহিতও (বিশেষত বাষ্পীয় অবস্থায়) অনেকগুলি ধাতু সরাসরি যুক্ত হইতে পারে।

বিরঞ্জন ধর্ম ঃ ফ্লোরিন অতিরিক্ত সক্রিয় বলিয়া যাহার বিরঞ্জন প্রয়োজন সেই দ্রব্যটিকেই আক্রমণ করে, সুতরাং বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয় না। ক্লোরিনের উত্তম এবং ব্রোমিনের মৃদু বিরঞ্জন ধর্ম আছে। আয়োডিনের বিরঞ্জন ধর্ম নাই।

অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড ঃ ফ্লোরিনের কোনও অক্সি-অ্যাসিড নাই। এতদ্ব্যতীত প্রত্যেক হ্যালোজেনেরই একাধিক অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড আছে। জ্ঞাত অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিডগুলি নিম্নরূপ ঃ

অক্সাইড ঃ F_2O, F_2O_2; Cl_2O, ClO_2, Cl_2O_6, Cl_2O_7; Br_2O, BrO_2, Br_3O_8 এবং I_4O_9, IO_2, I_2O_5

অক্সি-অ্যাসিড ঃ	$HOCl$	$HOBr$	HOI
	$HClO_2$	$HBrO_2$	HIO_2
	$HClO_3$	$HBrO_3$	HIO_3
	$HClO_4$		HIO_4

অক্সাইডগুলির স্থিতি হ্যালোজেনগুলির ক্রমের সহিত সঙ্গতিপূর্ণ নয়। F_2O স্থিত যৌগ, ক্লোরিনের অক্সাইডগুলি বিস্ফোরক, ব্রোমিনের অক্সাইডগুলি ক্লোরিনের অক্সাইড অপেক্ষা কম স্থিত কিন্তু আয়োডিনের অক্সাইডগুলি বেশ স্থিত।

একই জারণসংখ্যাযুক্ত বিভিন্ন হ্যালোজেনের অক্সি-অ্যাসিডের ক্ষেত্রে হ্যালোজেন যত ভারী হয় উহার অক্সি-অ্যাসিড হয় তত বেশি স্থিত। আবার বিভিন্ন জারণসংখ্যাযুক্ত একই হ্যালোজেনের অক্সি-অ্যাসিডগুলি তুলনা করিলে দেখা যায় যে, জারণসংখ্যা বৃদ্ধির (অর্থাৎ অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধির) সঙ্গে সঙ্গে অক্সি-অ্যাসিডের স্থিতি বাড়ে এবং জারণ ক্ষমতা কমে।

ভৌত ধর্ম ঃ হ্যালোজেনগুলির ভৌত ধর্মের মধ্যেও একটি নির্দিষ্ট ক্রম পরিলক্ষিত হয়।

ভৌত ধর্ম	ফ্লোরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
1. পা. গুরুত্ব	19	35·5	80	127
2. গন্ধ, বর্ণ ও ভৌত অবস্থা	HOCl-এর ন্যায় গন্ধযুক্ত। Cl_2 অপেক্ষা হাল্কা সবুজাভ-হলুদ গ্যাস	ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত সবুজাভ হলুদ গ্যাস	ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত লাল তরল; বাষ্প লাল।	ধাতব ঔজ্জ্বল্যযুক্ত ধূসর কেলাসাকার কঠিন; বাষ্প বেগুনী।
3. আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী	বায়ু অপেক্ষা $2\frac{1}{2}$ গুণ বেশি ভারী।	3·19	4·94
4. জলে দ্রাব্যতা	বিক্রিয়া করে।	মাঝামাঝি	Cl_2 অপেক্ষা কম	যৎসামান্য
5. স্ফুটনাঙ্ক	−217·8°C	−101·6°C	−7·2°C	113·9°C
6. স্ফুটনাঙ্ক	−187°C	−34·6°C	58·7°C	184·4°C

লক্ষণীয় যে, বর্ণের গাঢ়ত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ইত্যাদি পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে।

হ্যালোজেন প্রস্তুতি ঃ সর্বাধিক সক্রিয় মৌল বলিয়া ফ্লোরিনকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দ্বারা প্রস্তুত করা সম্ভব নয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণই ফ্লোরিন প্রস্তুতির একমাত্র কার্যকরী পদ্ধতি। অন্যান্য হ্যালোজেনকে সংশ্লিষ্ট হ্যালাইড, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়।

$$2Na\overset{-1}{X}+\overset{+4}{Mn}O_2+3H_2SO_4=2NaHSO_4+\overset{+2}{Mn}SO_4+\overset{0}{X}_2+2H_2O$$

যেখানে X = Cl, Br অথবা I

ফ্লোরিন (F)

পারমাণবিক গুরুত্ব 19 ; পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 9 ; ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^5$

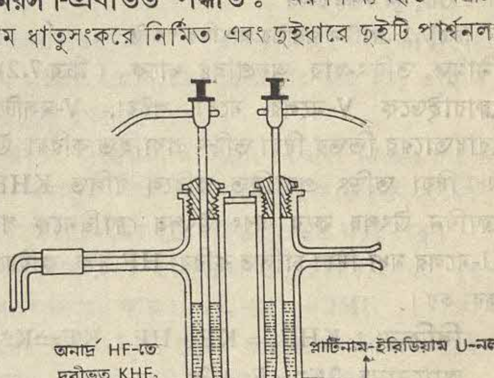
ফ্লোরিন প্রস্তুতি দীর্ঘদিন একটি গুরুতর সমস্যা ছিল। যদিও 1813 খ্রীস্টাব্দে ডেভি প্রমাণ করেন যে, HF-এর ধর্ম HCl-এর অনুরূপ এবং অবশ্যই HF ক্লোরিনের সদৃশ একটি মৌলের হাইড্রোজেন-ঘটিত যৌগ, তথাপি তিনি এবং পরবর্তী কালে বহু বৈজ্ঞানিক বহুদিন চেষ্টা করিয়াও মৌলটিকে পৃথক করিতে পারেন নাই। শেষপর্যন্ত ময়সাঁ (Moissan) 1886 খ্রীস্টাব্দে এই মৌল প্রস্তুত করিতে সক্ষম হন।

ফ্লোরিন প্রস্তুতিতে অসুবিধার কারণ : (i) ফ্লোরিন যৌগগুলি অত্যন্ত সুস্থিত। (ii) ইহা রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত সক্রিয় এবং কাচ, প্লাটিনাম অথবা কার্বন-নির্মিত যেসব পরীক্ষাপাত্রে ইহাকে প্রস্তুত করার চেষ্টা করা হইত সেই সব পরীক্ষাপাত্রের সহিতই ইহা বিক্রিয়া করিত। (iii) তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে ইহাকে পৃথক করার বিষয়েও অসুবিধা দেখা দিয়াছিল। কারণ অনার্দ্র HF তড়িতের কুপরিবাহী এবং HF-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে হাইড্রোজেনের সহিত ফ্লোরিনের পরিবর্তে অক্সিজেন নির্গত হয়। (iv) F_2 এবং HF উভয়েই অত্যন্ত বিষাক্ত বলিয়া উহাদের লইয়া কাজ করা অত্যন্ত বিপজ্জনক।

ময়সাঁ কিভাবে ফ্লোরিন প্রস্তুতির অসুবিধা দূর করিয়াছিলেন :

(i) ময়সাঁ তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য অনার্দ্র HF-এর মধ্যে ফ্রেমির লবণ (KHF_2) দ্রবীভূত করিয়া একটি সুপরিবাহী দ্রবণ প্রস্তুত করিয়াছিলেন। (ii) তিনি প্লাটিনাম ও ইরিডিয়াম ধাতুসংকরে নির্মিত তড়িৎ-দ্বার ও পরীক্ষাপাত্র ব্যবহার করিয়াছিলেন যাহা ফ্লোরিন দ্বারা বিশুদ্ধ প্লাটিনাম অপেক্ষা অনেক কম পরিমাণে আক্রান্ত হয়। (iii) অনার্দ্র HF-কে তরল অবস্থায় রাখিবার জন্য তিনি পরীক্ষার সময় তরল CH_3Cl-এর সাহায্যে $-23°C$ তাপমাত্রা বজায় রাখিয়াছিলেন।

(a) **ফ্লোরিন প্রস্তুতির ময়সাঁ-প্রবর্তিত পদ্ধতি :** ময়সাঁ-ব্যবহৃত যন্ত্রটি (চিত্র 7.1) প্লটিনাম ও ইরিডিয়াম ধাতুসংকরে নির্মিত এবং দুইধারে দুইটি পার্শ্বনল সংযুক্ত একটি U-নল। U-নলের দুইটি মুখ ফ্লুয়োর-স্পার-নির্মিত ছিপিদ্বারা বন্ধ থাকে এবং ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি প্লাটিনাম ইরিডিয়াম ধাতুসংকরে নির্মিত তড়িৎ-দ্বার নলের মধ্যে অনুপ্রবিষ্ট রাখা হয়। U-নলটি অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড লবণের দ্রবণে পূর্ণ করা হয়। যেহেতু অনার্দ্র



চিত্র 7.1 ফ্লোরিন প্রস্তুতির ময়সাঁ-প্রবর্তিত পদ্ধতি

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড খুব উদ্বায়ী, তাই U-নলটিকে তরল মিথাইল ক্লোরাইডের

(স্ফুটনাঙ্ক $-23°C$) মধ্যে নিমজ্জিত করিয়া শীতল রাখা হয়। অতঃপর তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ফ্লোরিন নির্গত হয়।

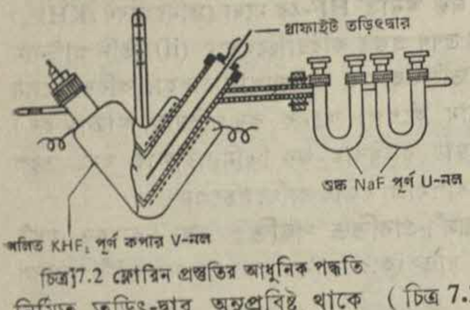
বিক্রিয়া : $KHF_2 = KF + HF$; $KF \rightleftharpoons \overset{+}{K} + \overset{-}{F}$

ক্যাথোডে : $\overset{+}{K} + e = K$; $2K + 2HF = 2KF + H_2$

অ্যানোডে : $2\overset{-}{F} = F_2 + 2e$

শুদ্ধিকরণ : উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত ফ্লোরিনে হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। ইহাকে প্রথমে তরল মিথাইল ক্লোরাইডে নিমজ্জিত একটি প্লাটিনাম নলের কুণ্ডলীর মধ্যে চালিত করিলে অধিকাংশ হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তরলীভূত হয়। অতঃপর অবশিষ্ট যৎসামান্য হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডকে শুষ্ক সোডিয়াম ফ্লোরাইডপূর্ণ প্লাটিনাম পাত্রের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া দূরীভূত করা হয়। অবশেষে উৎপন্ন ফ্লোরিনকে বায়ুর উর্ধ্বাপসরণ দ্বারা প্লাটিনাম নির্মিত গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

(b) ফ্লোরিন প্রস্তুতির আধুনিক পদ্ধতি : বর্তমানে গলিত ফ্রেমির (Fremy) লবণ বা KHF_2-কে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া অনেক সহজে ফ্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। প্রস্তুতির জন্য ভারী V-আকৃতির কপার নির্মিত নল ব্যবহার করা হয়। নলের দুইটি মুখ কপারের টুপী দ্বারা আবৃত রাখা হয় এবং ঐ টুপীর মধ্য দিয়া অপরিবাহী পদার্থ দ্বারা পৃথকীকৃত অবস্থায় গ্রাফাইট নির্মিত তড়িৎ-দ্বার অনুপ্রবিষ্ট থাকে (চিত্র 7.2)। পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডকে V-নলের মধ্যে লইয়া, V-নলটিকে উহার বহিঃপার্শ্বে সংলগ্ন রোধতারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। তড়িৎ-দ্বারের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে গলিত KHF_2 বিয়োজিত হইয়া অ্যানোডে ফ্লোরিন উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন ফ্লোরিনকে পর্যায়ক্রমে কয়েকটি শুষ্ক NaF পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া HF মুক্ত করিয়া বায়ুর উর্ধ্বাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 7.2 ফ্লোরিন প্রস্তুতির আধুনিক পদ্ধতি

বিক্রিয়া : $KHF_2 = KF + HF$: $KF \rightleftharpoons K^+ + F^-$

অ্যানোডে $2F^- = F_2 + 2e$

ক্যাথোডে $K^+ + e = K$, $2K + 2HF = 2KF + H_2$

(c) ফ্লোরিন প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি : পটাসিয়াম ফ্লুয়োরপ্লাম্বেটকে উত্তপ্ত করিলে অল্প পরিমাণ ফ্লোরিন নির্গত হয়। পটাসিয়াম প্লামবেটের উপর হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম ফ্লুয়োরপ্লাম্বেট উৎপন্ন হয় এবং

ইহাকে 230°-250° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড ও আরও উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ফ্লোরিন নির্গত হয়।

$$PbF_4,3KF,HF = HF + K_3PbF_7$$
$$K_3PbF_7 = K_3PbF_5 + F_2$$

কোবাল্টিক ফ্লোরাইড (CoF_3) অথবা আরজেনটিক ফ্লোরাইডকে (AgF_2) উত্তপ্ত করিলেও ফ্লোরিন নির্গত হয় ; $2CoF_3 = F_2 + 2CoF_2$

$$2AgF_2 = 2AgF + F_2$$

ফ্লোরিনের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ ফ্লোরিন হালকা সবুজাভ হলুদ বর্ণের ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। শীতল করিলে $-188°$ সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ইহা হলুদ আভাযুক্ত তরলে ঘনীভূত হয় এবং $-218°$ সেন্টিগ্রেডে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। ইহা বিষাক্ত এবং ইহার অণু দ্বিপরমাণুক।

রাসায়নিক ঃ রাসানিকভাবে ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা সক্রিয় মৌল।

(i) **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** ফ্লোরিন প্রায় সমস্ত ধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ অথবা অ্যান্টিমনি চূর্ণ ফ্লোরিনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে। $2Na + F_2 = 2NaF$; $Ca + F_2 = CaF_2$ ।

বড় খণ্ডাকৃতি ম্যাগনেসিয়াম, সিলভার, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, ক্রোমিয়াম, টিন, লেড অথবা নিকেল, ফ্লোরিন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে জ্বলিয়া উঠিয়া উজ্জ্বল আলো বিকীর্ণ করে ; $Mg + F_2 = MgF_2$; $2Al + 3F_2 = 2AlF_3$ ।

কপার এবং গোল্ড লোহিততপ্ত উষ্ণতায় ফ্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করে ; প্লাটিনাম 500-600° সেন্টিগ্রেডে এবং প্যালাডিয়াম বা ইরিডিয়াম লোহিততপ্ত উষ্ণতায় ফ্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়।

যে-সব ধাতু ফ্লোরিনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে না তাহাদের উপরিতলে ফ্লোরিনের সংস্পর্শে যে অভেদ্য ফ্লোরাইড আস্তরণের সৃষ্টি হয়, তাহাই ধাতুগুলিকে ফ্লোরিনের আক্রমণ হইতে রক্ষা করে।

(ii) **অধাতুর সহিত বিক্রিয়া ঃ** অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি ব্যতীত অন্য সকল প্রকার অধাতুর সহিত ফ্লোরিন সরাসরি যুক্ত হয় এবং পরোক্ষ উপায়ে নাইট্রোজেন অথবা অক্সিজেনের ফ্লোরাইডও প্রস্তুত করা যায়।

ইহা হাইড্রোজেনের সহিত অন্ধকারে নিম্ন তাপমাত্রাতেও বিস্ফোরণসহ যুক্ত হইয়া হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। $H_2 + F_2 = 2HF$

উত্তপ্ত করিলে ফ্লোরিন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া মনোফ্লোরাইড ও ট্রাইফ্লোরাইড উৎপন্ন করে। $Cl_2 + F_2 = 2ClF$; $Cl_2 + 3F_2 = 2ClF_3$ ।

ব্রোমিন ও আয়োডিন ফ্লোরিনের মধ্যে জ্বলিয়া যথাক্রমে ব্রোমিন ট্রাইফ্লোরাইড ও আয়োডিন পেন্টাফ্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$Br_2 + 3F_2 = 2BrF_3 ; \quad I_2 + 5F_2 = 2IF_5$$

সালফার, ফসফরাস, আর্সেনিক, বোরন বা সিলিকনও ফ্লোরিনের মধ্যে জ্বলিয়া ফ্লোরাইডে পরিণত হয় কিন্তু গ্রাফাইট বিক্রিয়া করে কেবলমাত্র লোহিততপ্ত উষ্ণতায়।

$$S+3F_2=SF_6\ ;\ P_4+10F_2=4PF_5\ ;\ P_4+6F_2=4PF_3$$
$$2As+5F_2=2AsF_5\ ;\ 2As+3F_2=2AsF_3\ ;\ 2B+3F_2=2BF_3$$
$$Si+2F_2=SiF_4\ ;\ C+2F_2=CF_4$$

যৌগের সহিত বিক্রিয়াঃ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফ্লোরিন ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2F_2+2H_2O=O_2+4HF\ ;\ 3F_2+3H_2O=O_3+6HF$$

ফ্লোরিন লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফ্লোরিন মনোক্সাইড ও গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2NaOH+2F_2=2NaF+H_2O+F_2O$$
$$4NaOH+2F_2=4NaF+O_2+2H_2O$$

ফ্লোরিন অন্যান্য হ্যালোজেনকে তাহাদের যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করে; প্রতিস্থাপিত হ্যালোজেন ব্রোমিন অথবা আয়োডিন হইলে ফ্লোরিনের সহিত পুনরায় বিক্রিয়া করে। $F_2+2HCl=2HF+Cl_2$

$$F_2+2HBr=2HF+Br_2\ ;\ Br_2+3F_2=2BrF_3$$
$$F_2+2HI=2HF+I_2\ ;\ I_2+5F_2=2IF_5$$

অ্যালকোহল, ইথার বা তার্পিন তৈলের মত জৈব পদার্থ ফ্লোরিনের সংস্পর্শে আসিলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে।

ফ্লোরিন শক্তিশালী জারক দ্রব্য; ইহা ক্রোমিক লবণকে ক্রোমিক অ্যাসিডে, পটাসিয়াম সালফেটকে পারসালফেটে, আয়োডেটকে পারআয়োডেটে পরিণত করে। $2K_2SO_4+F_2=K_2S_2O_8+2KF$

$$\overset{2(+3)}{Cr_2}(SO_4)_3+3\overset{0}{F_2}+6H_2O=2\overset{+6}{Cr}O_3+3H_2SO_4+6H\overset{-1}{F}$$

$$K\overset{+5}{I}O_3+\overset{0}{F_2}+H_2O=K\overset{+7}{I}O_4+2H\overset{-1}{F}$$

ফ্লোরিনের ব্যবহারঃ (1) ফ্লোরিনকে বিভিন্ন জৈব ফ্লোরিনযৌগ প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা হয়। এই সব যৌগের মধ্যে কতকগুলি (যেমন, ফ্রেয়ন অর্থাৎ CF_2Cl_2, ইত্যাদি) রেফ্রিজারেটারের জন্য অত্যন্ত প্রয়োজনীয় এবং কতকগুলির সাহায্যে বিশেষ ধর্মবিশিষ্ট প্লাস্টিক ও তন্তু তৈয়ারী করা হয়।

(2) রকেটের জ্বালানীর মধ্যে ইহাকে তরল অ্যামোনিয়া বা হাইড্রাজিনের (N_2H_4) সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ব্যবহার করা হয়।

(3) ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লোরাইড (U^{235} পৃথকীকরণের জন্য প্রয়োজনীয় যৌগ) প্রস্তুতির জন্যও বর্তমানে প্রচুর পরিমাণে ফ্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

ক্লোরিন (Cl)

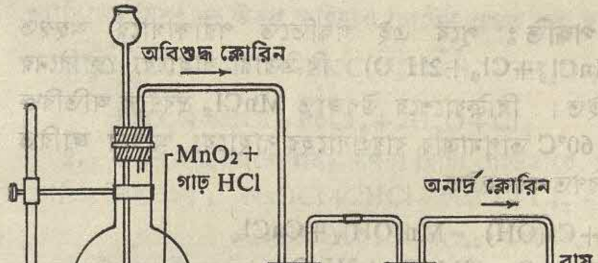
পারমাণবিক গুরুত্ব 35·46 ; পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 17 ; ইলেকট্রন বিন্যাস, $1s^2$, $2s^2 2p^6$, $3s^2 3p^5$

1774 খ্রীস্টাব্দে শীলে মাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া প্রথম এই গ্যাস প্রস্তুত করেন। ইহাকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না; বিভিন্ন ধাতুর সহিত যুক্ত অবস্থায়, বিশেষ করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণ হিসাবে এবং সিলভাইন ও কার্নেলাইট আকরিক হিসাবে দেখিতে পাওয়া যায়। হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অবস্থায় ইহা আমাদের পাচকরসের একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান।

ক্লোরিন প্রস্তুতি ঃ ক্লোরিন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতিগুলিকে নিম্নলিখিতভাবে ভাগ করা যায় ঃ (i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা ঘন-সালফিউরিক অ্যাসিড ও ধাতব ক্লোরাইডের মিশ্রণকে জারিত করিয়া; (ii) হাইপোক্লোরাইট লবণে অ্যাসিড যোগ করিয়া; (iii) জলীয় দ্রবণে অথবা গলিত অবস্থায় ধাতব ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া এবং (iv) কতিপয় ক্লোরাইডকে তাপপ্রয়োগে বিয়োজিত করিয়া।

1· (a) পরীক্ষাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ হইতে ক্লোরিন প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগারে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া সাধরণত ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$



চিত্র 7.3 পরীক্ষাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ হইতে ক্লোরিক প্রস্তুতি

দীর্ঘনল ফানেল ও বক্র নির্গম-নল-যুক্ত একটি ফ্লাস্কের মধ্যে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণ লইয়া দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দীর্ঘনল ফানেলের নিম্নপ্রান্ত উহার মধ্যে নিমজ্জিত রাখা হয়। নির্গম-নলকে পর্যায়ক্রমে একটি জলপূর্ণ গ্যাসধৌতি বোতল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাসধৌতি বোতলের সহিত চিত্র 7.3 অনুযায়ী যুক্ত করা হয়। অতঃপর ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাসধৌতি বোতলের বক্র নির্গম নলটিকে খাড়া করিয়া দাঁড় করানো একটি গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকানো হয়।

ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে সবুজাভ হলুদ রঙের ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হইতে থাকে এবং জলপূর্ণ গ্যাসধৌতি বোতলে সঙ্গের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাসধৌতি বোতলে জলীয় বাষ্প পরিত্যাগ করিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

বিঃ দ্রঃ (i) ক্লোরিনকে সম্পৃক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের নিম্নাপসরণ দ্বারাও সংগ্রহ করা যায়। শুষ্ক গ্যাস সংগ্রহকালে মারকারি ব্যবহার করা যায় না, কারণ উহা ক্লোরিনের দ্বারা আক্রান্ত হয়, কিন্তু ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়। (ii) MnO_2 শীতল অবস্থায় গাঢ় HCl-এর মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া প্রথমে একটি ঘন বাদামী রঙের দ্রবণ, সম্ভবত $MnCl_3$ উৎপন্ন করে; যাহা তাপপ্রয়োগে বিয়োজিত হইয়া $MnCl_2$ ও Cl_2-তে পরিণত হয়।

$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$$
$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$

(iii) গাঢ় HCl-এর পরিবর্তে গাঢ় H_2SO_4 ও একটি ধাতব ক্লোরাইড (NaCl, KCl ইত্যাদি) MnO_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলেও ক্লোরিন উৎপন্ন হয় (F_2 ব্যতীত অন্যান্য হ্যালোজেন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি)।

$$2Na\overset{-1}{Cl} + \overset{+4}{Mn}O_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + \overset{+2}{Mn}SO_4 + \overset{0}{Cl_2} + 2H_2O$$

(b) ওয়েলডন পদ্ধতি: পূর্বে এই পদ্ধতিতে পরীক্ষাগারে অনুসৃত ($MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$) বিক্রিয়ার সাহায্যে ক্লোরিনের শিল্পোৎপাদন করা হইত। বিক্রিয়াশেষে উপজাত $MnCl_2$ দ্রবণকে অতিরিক্ত পরিমাণে চুন মিশাইয়া 60°C তাপমাত্রায় বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে আবার জারিত করিয়া MnO_2-তে পরিণত করা হইত।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$
$$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO_2 + 2H_2O$$

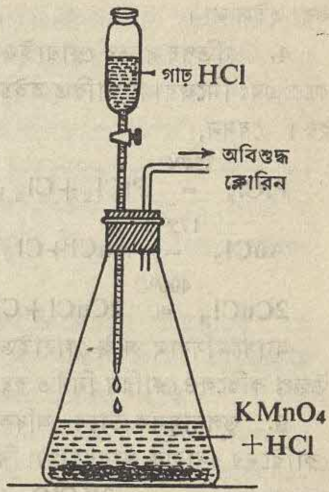
এইরূপে পুনরুৎপন্ন MnO_2 অতিরিক্ত চুনের সহিত যুক্ত হইয়া CaO, MnO_2 রূপে কর্দমের আকারে অধঃক্ষিপ্ত হইত এবং 'ওয়েলডন কর্দম' নামে বারে বারে ব্যবহার করা যাইত। $Ca(OH)_2 + MnO_2 = CaO, MnO_2 + H_2O$

(c) ডেকন পদ্ধতি: অধুনালুপ্ত এই পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসকে কপার ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450°C তাপমাত্রায় বায়ু বা অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া ক্লোরিন শিল্পোৎপাদন করা হইত।

সম্ভবত উপরি-উক্ত বিক্রিয়াকালে কপার ক্লোরাইড পর্যায়ক্রমে একবার বিয়োজিত এবং পরমুহূর্তে পুনর্গঠিত হয়।

$$2CuCl_2 = 2CuCl + Cl_2$$
$$O_2 + 4HCl + 4CuCl = 2H_2O + 4CuCl_2$$

(d) স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ক্লোরিন প্রস্তুতি : একটি শঙ্কুকূপীতে কর্কের মাধ্যমে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল যুক্ত করিয়া শঙ্কুকূপীর মধ্যে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট কেলাস দেওয়া হয়। অতঃপর বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে শঙ্কু-কূপীর মধ্যে বিন্দু বিন্দু ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে নির্গম-নল দিয়া সবুজাভ হলুদ রঙের ক্লোরিন গ্যাস বাহির হইতে থাকে। এই গ্যাসকে জল দ্বারা ধৌত এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা হয়। পরিশেষে ইহাকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ইথার মিশ্রণে শীতলীকৃত কাচের বাল্‌বের মধ্যে চালিত করিলে বিশুদ্ধ তরল ক্লোরিন পাওয়া যায়।



চিত্র 7.4 তাপমাত্রায় স্বাভাবিক কোরিন প্রস্তুতি

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 16H\overset{-1}{Cl}$$
$$= 2KCl + 2\overset{+2}{Mn}Cl_2 + 8H_2O + 5\overset{0}{Cl}_2$$

(e) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট বা লেড ডাই-অক্সাইড ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ মৃদু উত্তপ্ত করিয়াও ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়।

$$K_2\overset{2(+6)}{Cr_2}O_7 + 14H\overset{-1}{Cl} = 2KCl + 2\overset{+3}{Cr}Cl_3 + 7H_2O + 3\overset{0}{Cl}_2$$
$$\overset{+4}{Pb}O_2 + 4H\overset{-1}{Cl} = \overset{+2}{Pb}Cl_2 + 2H_2O + \overset{0}{Cl}_2$$

2. ধাতব হাইপোক্লোরাইট অথবা ব্লিচিং পাউডারে অ্যাসিড যোগ করিলেও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। $NaOCl + 2HCl = NaCl + Cl_2 + H_2O$;

$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$

একটি শঙ্কুকূপীতে ব্লিচিং পাউডার লইয়া বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে উহার মধ্যে বিন্দু বিন্দু 1 : 1 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে অতি সহজে ঘরের উষ্ণতায় ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা যায়।

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$$

3. গলিত অবস্থায় NaCl, AgCl, $ZnCl_2$, $SnCl_2$, $PbCl_2$ ইত্যাদি অনেক ধাতব ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ক্লোরিন নির্গত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা দ্রবণীয় ধাতব ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলেও অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। $2Cl^- = Cl_2 + 2e$। উপরি-উক্ত বিক্রিয়ার গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া সোডিয়াম ধাতু অথবা গলিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নিষ্কাশণকালে প্রাপ্ত উপজাত ক্লোরিন এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদনকালে প্রাপ্ত ক্লোরিনই

আধুনিক কালে বাণিজ্যিক ক্লোরিন উৎপাদনের উৎস। এই পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে পরবর্তী খণ্ডে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে বলিয়া আর এখানে পুনরুল্লেখ করা হইল না।

4. কতিপয় ধাতব ক্লোরাইড উত্তপ্ত হইলে বিয়োজিত হইয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে এবং নিজেরা বিজারিত হইয়া নিম্নতর ক্লোরাইড অথবা মুক্ত ধাতুতে পরিণত হয়। যেমন,

$$PtCl_4 \overset{374°C}{=} PtCl_2 + Cl_2\ ;\ PtCl_2 \overset{582°C}{=} Pt + Cl_2$$

$$AuCl_3 \overset{175°C}{=} AuCl + Cl_2\ ;\ 2AuCl \overset{185°C}{=} 2Au + Cl_2$$

$$2CuCl_2 \overset{400°C}{=} 2CuCl + Cl_2$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সি-ক্লোরাইডকে বায়ু বা অক্সিজেন স্রোতের মধ্যে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলেও ক্লোরিন নির্গত হয়। $2Mg_2OCl_2 + O_2 = 4MgO + 2Cl_2$

5. তুলনামূলক ভাবে অধিকতর তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল হিসাবে আয়োডিন, ক্লোরিনের ধনাত্মক জারণসংখ্যা বিশিষ্ট যৌগ পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে উহাকে মুক্ত করে। $2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$

ক্লোরিনের ধর্ম ঃ ভৌত—ক্লোরিন সবুজাভ হলুদ রঙের তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বিষাক্ত এবং শ্লৈষ্মিক ঝিল্লীতে প্রদাহের সৃষ্টি করে। ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় আড়াই গুণ ভারী এবং জলে মোটামুটি (15°C-এ 1 আয়তন জলে 2·68 আয়তন) দ্রাব্য। তবে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে অথবা উচ্চতর তাপমাত্রায় ইহার দ্রাব্যতা কমিয়া যায়। কঠিন CO_2 ও ইথারের সাহায্যে শীতল করিলে ইহা সহজেই তরলীভূত হইয়া হাল্কা হলুদবর্ণ তরল ক্লোরিনে (স্ফুটনাঙ্ক −34·5°C) পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) বিয়োজন ঃ সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব Cl_2 আণবিক সঙ্কেতানুযায়ী মান অপেক্ষা সামান্য অধিক, সম্ভবত অল্প পরিমাণ Cl_4 অণুর উপস্থিতিই ইহার কারণ। কিন্তু 240° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে এই বৈষম্য সম্পূর্ণ দূরীভূত হয় এবং 1200°C পর্যন্ত ক্লোরিনের দ্বিপরমাণুক রূপ সম্পূর্ণ অব্যাহত থাকে। আরও ঊর্ধ্ব তাপমাত্রায় ইহা অল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয়।

$$Cl_2 \rightleftharpoons 2Cl$$

(ii) ক্লোরিন দাহ্য নয় কিন্তু দহনের সহায়ক ঃ সোডিয়াম, কপার, জিঙ্ক, আয়রন, অ্যান্টিমনি ও আর্সেনিক, ফস্‌ফরাস ইত্যাদি ধাতু ও অধাতু চূর্ণ ক্লোরিনের সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে, তবে ক্লোরিন সম্পূর্ণ শুষ্ক হইলে অনেক সময় মৌলটিকে উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয়।

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl\ ;\ Cu + Cl_2 = CuCl_2\ ;\ Zn + Cl_2 = ZnCl_2\ ;$$
$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3\ ;\ 2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$$
$$2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3\ ;$$
$$P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5\ ;\ P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3$$

(iii) ক্লোরিন অত্যন্ত সক্রিয় মৌল : ক্লোরিন সর্বপ্রকার ধাতুর সহিত এবং অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি ব্যতীত অন্যান্য অধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হয়। যে-সকল ধাতু ক্লোরিনের সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে জ্বলিয়া উঠে না, উত্তপ্ত করিলে তাহারাও ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করে। অক্সিজেন, নাইট্রোজেন বা কার্বন ক্লোরিনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইতে না পারিলেও ক্লোরিনের সহিত ইহাদের দ্বিমৌলিক যৌগ পরোক্ষ উপায়ে প্রস্তুত করা যায়।

(iv) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া : হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের প্রবল আসক্তি বর্তমান। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ বিক্ষিপ্ত মৃদু আলোকে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিলেও, প্রত্যক্ষভাবে সূর্যালোকে উদ্ভাসিত হইলে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া করে। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

সক্রিয় চারকোলের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন শান্তভাবে কিন্তু দ্রুতগতিতে যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে পরিণত হয়। এই পদ্ধতি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে একটি বহুল প্রচলিত পদ্ধতি।

হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের প্রবল আসক্তি ও কার্বনের প্রতি অনাসক্তি থাকার জন্য অনেক হাইড্রোকার্বন ক্লোরিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণসহ-বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মুক্ত করে ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CH_4 + 2Cl_2 = 4HCl + C$$

তার্পিন তৈলে সিক্ত ফিল্টার কাগজ ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে এবং কার্বন মুক্ত করে। $C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 16HCl + 10C$

(v) জারণ ধর্ম : ক্লোরিন পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষে সাতটি ইলেকট্রন থাকার জন্য ইহা সহজেই একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (আর্গনের) ইলেকট্রন বিন্যাস সৃষ্টি করে। এই প্রক্রিয়ায় ইলেকট্রন গ্রহণ করে বলিয়া ক্লোরিন নিজে বিজারিত হয় এবং উহার সহিত বিক্রিয়াকারী পদার্থটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হয়। এজন্য ক্লোরিন একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ হিসাবে কাজ করে। ক্লোরিনের পূর্বোক্ত দাহকধর্ম বস্তুত উহার জারণ ধর্মেরই প্রকাশ। এতদ্ব্যতীত ক্লোরিন বিভিন্ন যৌগের সহিত বিক্রিয়াতেও জারণ ধর্ম প্রদর্শন করে।

ক্লোরিন গ্যাসীয় অবস্থায় অথবা জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার এবং অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন মুক্ত করে, কিন্তু শেষোক্ত ক্ষেত্রে অতিরিক্ত ক্লোরিনের উপস্থিতিতে গ্যাসীয় অবস্থায় বিক্রিয়া হইলে নাইট্রোজেনের পরিবর্তে হলুদবর্ণ বিস্ফোরক তরল নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$$

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl \qquad NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl$$

$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$

$$\overline{8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl}$$

ব্রোমাইড অথবা আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন চালিত হইলে, উহা সংশ্লিষ্ট হ্যালোজেনকে মুক্ত করে এবং দ্রবণে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উপস্থিত থাকিলে

উহাকে যথাক্রমে লাল ও বেগুনী রঙে রঞ্জিত করে, কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ ক্লোরিন চালনা করিলে মুক্ত ব্রোমিন অথবা আয়োডিন আরও জারিত হইয়া বর্ণহীন ব্রোমিক অথবা আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের স্তর পুনরায় বর্ণহীন হইয়া যায়।

$2KX + Cl_2 = 2KCl + X_2$ (যেখানে $X = Br$ বা I)

$$5\overset{0}{Cl}_2 + \overset{0}{X}_2 + 6H_2O = 2H\overset{+5}{X}O_3 + 10H\overset{-1}{Cl}$$

ক্লোরিন স্ট্যানাস লবণের দ্রবণকে স্ট্যানিক লবণে এবং ফেরাস লবণের দ্রবণকে ফেরিক লবণে পরিণত করে।

$$2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + \overset{0}{C}l2 = 2\overset{+3\,3(-1)}{FeCl_3} \quad \overset{+2}{Sn}Cl_2 + \overset{0}{Cl}_2 = \overset{+4\ 4(-1)}{SnCl_4}$$

শুষ্ক গ্যাসীয় অবস্থায় ক্লোরিন সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ইথিলিন এবং চারকোল অনুঘটকের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড অথবা সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত সরাসরি যুক্ত হয়।

$C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$;

$CO + Cl_2 = COCl_2$ (কার্বনিল ক্লোরাইড) ; $SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$ (সালফিউরিল ক্লোরাইড)

কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে চালিত হইলে ক্লোরিন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে এবং নিজে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিজারিত হয়।

$$\overset{0}{Cl}_2 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2H\overset{-1}{Cl}$$

(vi) জলের সহিত এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া : ক্লোরিন জলে মোটামুটি দ্রাব্য এবং 0° সেন্টিগ্রেডে জলের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালিত করিলে সোদক ক্লোরিনের সবুজাভ হলুদ কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কেলাসের সঠিক গঠন বিতর্কমূলক এবং ইহাকে $Cl_2, 10H_2O$ হিসাবে ফ্যারাডে ; $Cl_2, 8H_2O$ হিসাবে রুজেবুম এবং $Cl_2, 6H_2O$ হিসাবে বোজাং চিহ্নিত করেন।

জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন উভমুখী বিক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করিয়া উৎপন্ন অ্যাসিডগুলির সহিত সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে। $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HOCl$

কিন্তু প্রখর সূর্যালোকে ক্লোরিন জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া অক্সিজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। $2H_2O + 2Cl_2 = 4HCl + O_2$

ক্ষার দ্রবণে ক্লোরিন চালনা করিলে, ক্লোরিন-জলে ক্লোরিনের সহিত সাম্যাবস্থায় উপস্থিত হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড, ক্ষারের দ্বারা প্রশমিত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে। ক্রমশ সমগ্র ক্লোরিন আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হইয়া প্রথমে হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড এবং শেষ পর্যন্ত উহাদের লবণে পরিণত হয়।

$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$; $HOCl + NaOH = NaOCl + H_2O$

তাই শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন চালনার ফলে শেষ পর্যন্ত ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট লবণের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

$$Cl_2 + 2NaOH = H_2O + Na\overset{-1}{Cl} + Na\overset{+1}{O}Cl$$

সোডিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট

কিন্তু গাঢ় ও উষ্ণ ক্ষার দ্রবণে ক্লোরিন চালনা করিলে প্রাথমিক বিক্রিয়াজাত হাইপোক্লোরাইট বিয়োজিত হইয়া ক্লোরেট ও ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং শেষ পর্যন্ত সংশ্লিষ্ট ধাতুর ক্লোরাইড ও ক্লোরেট পাওয়া যায়।

$$3Cl_2 + 6NaOH = 3H_2O + 3NaCl + 3NaOCl$$
$$3NaOCl = NaClO_3 + 2NaCl$$
$$3Cl_2 + 6NaOH = NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2O$$

অনুরূপভাবে ক্লোরিন চুনের জলে চালনা করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট, উত্তপ্ত 'মিল্ক অফ লাইমে' চালিত হইলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্লোরেট এবং 40° সেন্টিগ্রেডে শুষ্ক ফোটানো-চুনের সহিত বিক্রিয়া করিলে ব্লিচিং পাউডার পাওয়া যায়।

$$2\overset{0}{Cl}_2 + 2Ca(OH)_2 = Ca\overset{2(-1)}{Cl_2} + Ca(O\overset{2(+1)}{Cl})_2 + 2H_2O$$
$$6\overset{0}{Cl}_2 + 6Ca(OH)_2 = 5Ca\overset{2(-1)}{Cl_2} + Ca(\overset{2(+5)}{ClO_3})_2 + 6H_2O$$
$$CaO + Cl_2 = Ca(OCl)Cl \quad \text{(ব্লিচিং পাউডার)}$$

(vii) **ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্ম :** জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন অনেক জৈব রঙীন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। অনুমান করা হয়, ক্লোরিন জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং এই জায়মান অক্সিজেনই রঙীন পদার্থটিকে জারিত করিয়া বর্ণহীন পদার্থে পরিণত করে।

$$H_2O + Cl_2 = 2HCl + [O]$$

অতএব, জারণই ক্লোরিন-কর্তৃক বিরঞ্জনের আসল কারণ।

পরীক্ষার সাহায্যে ক্লোরিনের কতিপয় ধর্মের প্রমাণ :

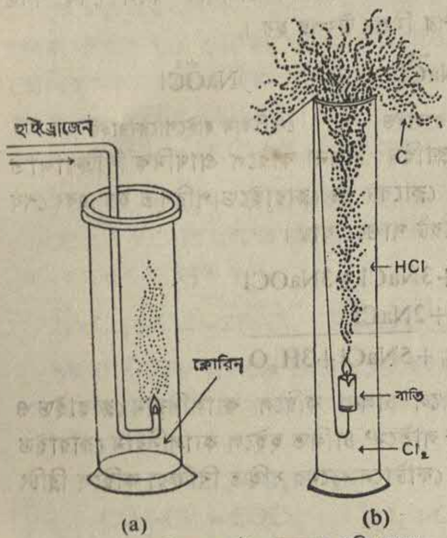
1. **ক্লোরিন দহনের সহায়ক :** (i) একটি ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে অ্যান্টিমনি বা আর্সেনিক চূর্ণ ছড়াইয়া দিলে, প্রত্যেকটি চূর্ণ ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে আসিবার সঙ্গে সঙ্গে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠিতেছে দেখা যায়।

(ii) একটি উজ্জ্বলন চামচের মধ্যে ফস্ফরাস লইয়া ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে অনুপ্রবিষ্ট করিলে সঙ্গে সঙ্গে জ্বলিয়া উঠে। ফসফরাসের পরিবর্তে উজ্জ্বলন চামচে সোডিয়াম ধাতু লইয়া, সামান্য উত্তাপ প্রয়োগে উহাকে তরলীভূত করিবার পর, ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলেও দেখা যায় যে, সোডিয়াম হলুদ শিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিয়া উঠিয়াছে।

(iii) ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে একটি খুব পাতলা তামা বা পিতলের পাত প্রবেশ করাইলে পাতটিকে সঙ্গে সঙ্গে জ্বলিয়া উঠিতে দেখা যায়।

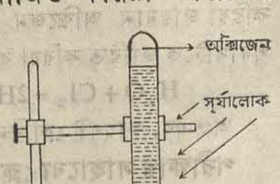
2. **ক্লোরিনের হাইড্রোজেনের প্রতি প্রবল আসক্তি আছে কিন্তু**

কার্বনের প্রতি নাইঃ একটি ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত হাইড্রোজেন জেট প্রবেশ করাইলে, হাইড্রোজেন ক্লোরিন পরিমণ্ডলেও জ্বলিতে থাকিবে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধূম উৎপন্ন করিবে (চিত্র 7.5a)। অপর একটি ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি প্রবেশ করাইলে দেখা যাইবে যে, মোমবাতির জ্বলন অব্যাহত আছে কিন্তু উহা প্রচুর কালো কার্বনচূর্ণ ধোঁয়ার আকারে পরিত্যাগ করিতে করিতে স্তিমিত লাল শিখায় জ্বলিতেছে (চিত্র 7.5b)। মোমবাতির উপাদান যে প্যারাফিন হাইড্রোকার্বন, ক্লোরিন সেই যৌগের ভিতরকার হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইলেও কার্বনের সহিত কোনওরূপ বিক্রিয়া করিতেছে না বলিয়াই উপরি-উক্ত প্রচুর কালো ধোঁয়া সমেত স্তিমিত দহন দেখিতে পাওয়া যায়।



চিত্র 7.5 ক্লোরিনের হাইড্রোজেনের প্রতি প্রবল আসক্তি আছে কিন্তু কার্বনের প্রতি নাই

3. প্রখর সূর্যালোকে ক্লোরিন জলকে বিয়োজিত করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করেঃ একটি একমুখবন্ধ কাচনল ক্লোরিন জল দ্বারা পূর্ণ করিয়া ক্লোরিন জলপূর্ণ একটি বীকারের মধ্যে উপুড় করিয়া ধরা হয়। অতঃপর কাচনলটির উপর আয়নার সাহায্যে কয়েক ঘণ্টা সূর্যালোক ফেলিলে দেখা যায় যে, উহার মধ্যে বুদ্‌বুদ আকারে অক্সিজেন উৎপন্ন হইয়া নলের উপরিভাগে সঞ্চিত হইতেছে। ঐ গ্যাসের মধ্যে একটি শিখাহীন জ্বলন্ত কাঠকয়লা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে। সুতরাং গ্যাসটি ক্লোরিন নয় অক্সিজেন, (কারণ জ্বলন্ত কাঠকয়লা ক্লোরিন গ্যাসে নিভিয়া যায়) এবং উহা নিশ্চয়ই সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ক্লোরিন ও জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হইয়াছে।



চিত্র 7.6 সূর্যালোকে ক্লোরিন দ্বারা জলের বিয়োজন

4. ক্লোরিন একটি জারক দ্রব্যঃ (i) একটি পরীক্ষানলে ফেরাস ক্লোরাইডের প্রায় বর্ণহীন দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে

ফেরাস ক্লোরাইড ফেরিক ক্লোরাইডে জারিত হইবে এবং প্রায় বর্ণহীন দ্রবণটি হলুদবর্ণ হইয়া উঠিবে। দ্রবণটিতে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করিলে ঘন নীলবর্ণ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইয়া ফেরিক লবণের উপস্থিতি প্রমাণ করিবে।

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করিলে যে-সাদা বেরিয়াম সালফাইটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় তাহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। অতঃপর ঐ দ্রবণে ক্লোরিন জল যোগ করিলে দেখা যায় যে, আবার সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইয়াছে। ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য বেরিয়াম সালফাইটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটে জারিত করে বলিয়া ঐরূপ ঘটে।

$$BaSO_3 + Cl_2 + H_2O = 2HCl + BaSO_4$$

(iii) একটি পরীক্ষানলে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ ও অল্প কার্বনটেট্রা-ক্লোরাইড (জল অপেক্ষা ভারী এবং উহার সহিত মিশ্রিত হয় না এমন একটি জৈব তরল পদার্থ) লইয়া উহার মধ্যে ক্লোরিন জল যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে প্রথমে দেখা যায় যে, ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করিয়াছে এবং মুক্ত আয়োডিন কার্বন টেট্রাক্লোরাইড স্তরে দ্রবীভূত হওয়ায় সুন্দর বেগুনী রঙ উৎপন্ন হইয়াছে। কিন্তু ক্রমাগত আরও অধিক পরিমাণ ক্লোরিন জল যোগ করিয়া ঝাঁকাইতে থাকিলে দেখা যায় যে, মুক্ত আয়োডিন আরও জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত হইয়াছে এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড স্তর পুনরায় বর্ণহীন হইয়া উঠিয়াছে।

5. ক্লোরিন জলের উপস্থিতিতে বিরঞ্জন ক্ষমতা প্রদর্শন করেঃ শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ কয়েকটি গ্যাসজারের মধ্যে (i) একটিতে একটি শুষ্ক সবুজ পাতা, (ii) দ্বিতীয়টিতে শুষ্ক লাল ফুল, (iii) তৃতীয়টিতে ছাপা কাগজের খণ্ড, (vi) চতুর্থটিতে পেনের কালিতে লেখার পর শুষ্ককৃত কাগজের খণ্ড এবং (v) পঞ্চমটিতে পেন্সিলে লেখা কাগজের খণ্ড ঢুকাইয়া ঢাকনা বন্ধ অবস্থায় রাখিয়া দিলে, কয়েক ঘণ্টা পরেও উহাদের কাহারও মধ্যে কোনও পরিবর্তন দেখা যাইবে না। অতঃপর প্রত্যেকটি গ্যাসজারের মধ্যে অল্প অল্প জল যোগ করিয়া পুনরায় ঢাকনা বন্ধ করিয়া রাখিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে, সবুজ পাতা, লাল ফুল এবং পেনের কালিতে লেখা কাগজখণ্ড বিরঞ্জিত হইয়া গিয়াছে কিন্তু ছাপা কাগজের এবং পেন্সিলে লেখা কাগজের খণ্ডের কোনরূপ পরিবর্তন হয় নাই। সুতরাং প্রমাণিত হইতেছে যে, (i) ক্লোরিন শুষ্ক অবস্থায় বিরঞ্জন ঘটাইতে পারে না, এবং সিক্ত অবস্থাতেও ইহার কার্বনের উপর কোন ক্রিয়া নাই (ছাপার কালি চারকোল ও পেন্সিলের সিস গ্রাফাইট)। (ii) জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন রঙীন জৈব পদার্থ বিরঞ্জিত করিতে পারে, কিন্তু (iii) ইহা ছাপার কালির বা পেন্সিলের দাগের কার্বন বা গ্রাফাইটের সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে না।

ক্লোরিন ও সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনা ঃ

(i) Cl_2 এবং SO_2 উভয়েই জলের উপস্থিতি ভিন্ন সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় বিরঞ্জন ক্ষমতা প্রদর্শন করিতে পারে না।

(ii) Cl_2 জারণের সাহায্যে বিরঞ্জন ঘটায় কিন্তু SO_2 বিরঞ্জন ঘটায় বিজারণের সাহায্যে। অর্থাৎ Cl_2 জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে-জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে, তাহা রঙীন জৈব পদার্থকে জারিত করে।

$Cl_2 + H_2O = 2HCl + [O]$; $[O]$ + রঙীন পদার্থ → বর্ণহীন পদার্থ।

অপরপক্ষে SO_2 জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে তাহা রঙীন জৈব পদার্থকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন পদার্থে পরিণত করে।

$SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2[H]$; $[H]$ + রঙীন পদার্থ → বর্ণহীন পদার্থ।

(iii) ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জন স্থায়ী। ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্য বায়ু বা অক্সিজেনের প্রভাবে আপনা-আপনি আবার রঙীন হইয়া উঠে না। কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত (অর্থাৎ বিজারিত) পদার্থ অনেক সময় বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেনের প্রভাবে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত হইয়া পুনরায় পূর্বের মত রঙীন হইয়া উঠে।

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইড ক্লোরিন অপেক্ষা মৃদুতর বিরঞ্জক। সিল্ক, স্পঞ্জ, উল ইত্যাদি যে-সব কোমল দ্রব্যের ক্লোরিনের মত তীব্র বিরঞ্জকে রুক্ষ হইবার আশঙ্কা থাকে, তাহাদের সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জন করা হয়।

ক্লোরিনের সনাক্তকরণ : (i) ক্লোরিনকে উহার সবুজাভ হলুদ বর্ণ এবং তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ হইতে সনাক্ত করা যায়।

(ii) স্টার্চযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরিলে উহা আয়োডিনমুক্ত হইবার ফলে নীলবর্ণ হইয়া যায়।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

অবশ্য দীর্ঘক্ষণ ক্লোরিনের সংস্পর্শে থাকিলে মুক্ত আয়োডিন ক্লোরিন দ্বারা আরও জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং তখন আর উহার স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণে রঞ্জিত করার ক্ষমতা থাকে না। ফলে স্টার্চ আয়োডাইডে সিক্ত কাগজও পুনরায় সাদা হইয়া যায়।

ব্রোমিন (Br)

পারমাণবিক গুরুত্ব 79·916 পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 35

ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^2 3p^6 3d^{10}, 4s^2 4p^5$

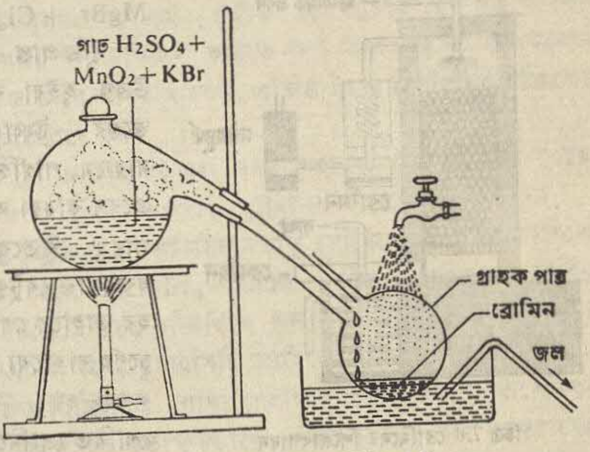
সমুদ্রের জল হইতে খাদ্যলবণ (NaCl) নিষ্কাশনের পর অবশিষ্ট দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালিত করিয়া 1825 খ্রীস্টাব্দে বালার্ড এই মৌল প্রথম আবিষ্কার করেন। ব্রোমিন মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহাকে সিলভার ব্রোমাইড রূপে মেক্সিকো ও চিলিতে এবং ক্যালসিয়াম ম্যাগনেসিয়াম ও ক্ষার ধাতুর লবণ হিসাবে সমুদ্রের জলে ও কয়েক স্থানে প্রস্রবণের জলে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি :

(i) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** পরীক্ষাগারে পটাসিয়াম (বা সোডিয়াম) ব্রোমাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়।

$$2K\overset{-1}{Br} + \overset{+4}{Mn}O_2 + 3H_2SO_4 = \overset{+2}{Mn}SO_4 + 2KHSO_4 + \overset{0}{Br}_2 + 2H_2O$$

একটি বক্‌যন্ত্রে 2·5 গ্রাম পটাসিয়াম ব্রোমাইড, 7 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও 15 ml ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তারজালির উপর স্টাণ্ডের সাহায্যে এমন ভাবে আটকানো হয়, যাহাতে বক্‌যন্ত্রের সরু শেষপ্রান্ত কলের জলে শীতলীকৃত গ্রাহকপাত্রের মধ্যে অনুপ্রবিষ্ট থাকে (চিত্র 7.7)। অতঃপর বক্‌যন্ত্রটিকে সাবধানে উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিনের ঘন লাল বাষ্প বক্‌যন্ত্র হইতে নির্গত হইয়া শীতলীকৃত গ্রাহকপাত্রে লালবর্ণ তরল হিসাবে সঞ্চিত হয়।



চিত্র 7.7 পরীক্ষাগারে ব্রোমিন প্রস্তুতি

বিঃ দ্রঃ MnO_2 ব্যবহার না করিয়া শুধু KBr এবং ঘন H_2SO_4 মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলেও প্রাথমিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন HBr পরবর্তী বিক্রিয়ায় ঘন H_2SO_4 দ্বারা জারিত হইয়া Br_2-তে পরিণত হয়।

$$H_2SO_4 + KBr = KHSO_4 + HBr$$
$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

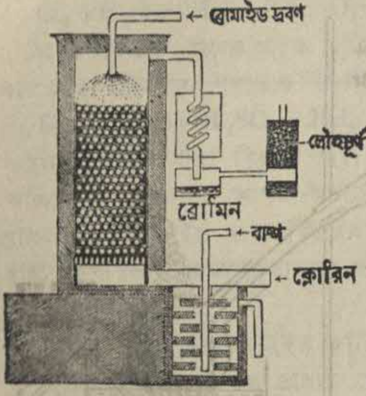
কিন্তু সেক্ষেত্রে H_2SO_4-এর জারণক্ষমতা MnO_2 অপেক্ষা কম হওয়ায় HBr-এর এক বৃহদাংশ অজারিত অবস্থায় নির্গত হইয়া নষ্ট হয়। সেজন্য প্রস্তুতিকালে MnO_2-কেও ব্যবহার করা হয়।

শুদ্ধিকরণ : উপরি-উক্ত উপায়ে প্রস্তুত ব্রোমিনে ক্লোরিন, আয়োডিন এবং জলীয় বাষ্প অশুদ্ধি হিসাবে থাকিতে পারে। শুদ্ধিকরণের জন্য ইহাকে KBr মিশাইয়া পাতিত করিয়া Cl_2 হইতে, ZnO মিশাইয়া পাতিত করিয়া I_2 হইতে এবং পরিশেষে ঘন H_2SO_4 মিশাইয়া পাতিত করিয়া জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়।

(ii) বিটার্ন (Bittern) হইতে শিল্পোৎপাদন : অনেক কার্নেলাইট আকরিকে $MgBr_2$ অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে এবং আকরিককে জলে দ্রবীভূত করিয়া কেলাসিত করিলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড পৃথক হয়। 'বিটার্ন' নামে পরিচিত অবশিষ্ট দ্রবণ হইতে ব্রোমিন নিষ্কাশন করা যায়। বিটার্নের মধ্যে $MgCl_2$-এর সহিত $MgBr_2$ মিশ্রিত থাকে এবং ঐ দ্রবণকে ঈষদুষ্ণ (60°C) অবস্থায়, নিম্নে চৌবাচ্চা সমন্বিত পোর্সেলিন খণ্ডে পূর্ণ স্তম্ভের ভিতর দিয়া ধীরে

ধীরে অবতরণ করার সুযোগ দেওয়া হয় (চিত্র 7.8)। একই সঙ্গে স্তম্ভের নিম্নদিক হইতে স্টীম ও ক্লোরিন গ্যাসের স্রোত উর্ধ্বদিকে প্রবাহিত করা হয়। ক্লোরিন $MgBr_2$ হইতে ব্রোমিনকে মুক্ত করে।

$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$



চিত্র 7.8 ব্রোমিনের শিল্পোৎপাদন

মুক্তিপ্রাপ্ত ব্রোমিন স্টীমের দ্বারা উত্তপ্ত হইয়া বাষ্পে পরিণত হয় এবং স্তম্ভের উর্ধ্বাংশস্থিত নির্গম-নলের মাধ্যমে পার্শ্বস্থিত কুণ্ডলীকার শীতকে প্রবেশ করিয়া আবার তরলরূপ ফিরিয়া পায়। শীতকে তরলীভবন এড়াইয়া যৎসামান্য যেটুকু ব্রোমিন বাষ্প নির্গত হয় তাহাকে শেষ পর্যন্ত আর্দ্র আয়রন চূর্ণের সাহায্যে নিঃশেষে শোষণ করিয়া লওয়া হয়। এইরূপ আয়রন দ্বারা শোষিত ব্রোমিনে পটাসিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে পটাসিয়াম ব্রোমাইড পাওয়া যায়।

$$Fe + Br_2 = FeBr_2 \; ; \; 2Fe + 3Br_2 = 2FeBr_3$$

$$FeBr_2 + 2FeBr_3 + 4K_2CO_3 = Fe_3O_4 + 8KBr + 4CO_2$$

(iii) সমুদ্রের জল হইতে ব্রোমিন নিষ্কাশন ঃ সমুদ্রের জলেও অল্প পরিমাণ ব্রোমাইড লবণ দ্রবীভূত থাকে। ব্রোমিন নিষ্কাশনের জন্য সমুদ্রের জলকে H_2SO_4-এর সাহায্যে আম্লিক করিয়া উহার মধ্যে ক্লোরিন চালনা করা হয়। অতঃপর মুক্তিপ্রাপ্ত ব্রোমিনকে বায়ুস্রোতের সাহায্যে বাষ্পাকারে নির্গত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে শোষণ করা হয়।

$$3Br_2 + 3Na_2CO_3 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3CO_2$$

সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে শোষিত হইয়া ব্রোমিন যে-ব্রোমাইড ব্রোমেট মিশ্রণ উৎপন্ন করে তাহাতে অ্যাসিড যোগ করিলে আবার ব্রোমিন মুক্তিলাভ করে এবং স্টীমের সাহায্যে বাষ্পীভূত করিয়া উহাকে পৃথক করা হয়।

ব্রোমিনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন ঘন লালবর্ণ তরল, আপেক্ষিক গুরুত্ব 0°C-এ 3·188, স্ফুটনাঙ্ক 58·7°C। ইহাই একমাত্র অধাতব মৌল যাহা সাধারণ উষ্ণতায় তরল। ইহার একটি ঝাঁঝালো শ্বাসরোধী গন্ধ আছে। ইহা বিষাক্ত এবং শৈষ্মিক ঝিল্লীতে প্রদাহের সৃষ্টি করে। চামড়ায় পড়িলে ইহা হইতে যন্ত্রণাদায়ক ক্ষতের উৎপত্তি হয়। ইহার জলে দ্রাব্যতা ক্লোরিন অপেক্ষা কম। অ্যালকোহল, ইথার, কার্বন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফর্ম, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ইত্যাদি জৈব তরলে ইহার দ্রাব্যতা অধিক।

রাসায়নিক ধর্ম : ব্রোমিন পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষেও ক্লোরিনের মত সাতটি ইলেকট্রন আছে এবং সেইজন্য ইহার রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিনেরই অনুরূপ। কিন্তু যেহেতু ব্রোমিন পরমাণু ক্লোরিন অপেক্ষা বৃহত্তর, সেইজন্য ইহার পক্ষে ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা তুলনামূলকভাবে কম (গৃহীত ইলেকট্রনকে উপস্থিত অধিক-সংখ্যক ইলেকট্রনের বিকর্ষণী বল অতিক্রম করিতে হয়) এবং গৃহীত ইলেকট্রনও ক্লোরিনের তুলনায় কম দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এইজন্য ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা ক্লোরিন হইতে তুলনামূলকভাবে কম।

1. **দহন ধর্ম :** ব্রোমিন দাহ্য নয় এবং দহন সহায়ক বলিতে যাহা বুঝায় সেরূপও নয়। তবে কতকগুলি ধাতু ও অধাতু ব্রোমিনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে।

2. **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** পটাসিয়াম ধাতু ব্রোমিনের সংস্পর্শে আসিলে বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করে; $2K+Br_2=2KBr$। কিন্তু সোডিয়াম ব্রোমিন বাষ্পের মধ্যে 200° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত না করিলে শুষ্ক অবস্থায় বিক্রিয়া করে না। ব্রোমিন বাষ্পে উত্তপ্ত করিলে বহু ধাতু সরাসরি ব্রোমিনের সহিত যুক্ত হয়।

3. **অধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** সাদা বা লাল ফসফরাস অথবা আর্সেনিক-চূর্ণ তরল ব্রোমিনে নিক্ষিপ্ত হইলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে। লাল ফসফরাসের সহিত বিক্রিয়া শান্তভাবে সম্পন্ন হইলেও সাদা ফসফরাসের সহিত বিক্রিয়ার সময় অল্পাধিক বিস্ফোরণ পরিলক্ষিত হয়।

$$2As+3Br_2=2AsBr_3\ ;\ P_4+10Br_2=4PBr_5\ ;\ P_4+6Br_2=4PBr_3$$

ইহা হাইড্রোজেনের সহিত স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিক্রিয়া না করিলেও সূর্যালোকে উদ্ভাসিত হইলে ধীরে ধীরে অথবা উত্তপ্ত অবস্থায় (বিশেষত প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে) তৎপরতার সহিত বিক্রিয়া করে। $H_2+Br_2\rightleftharpoons 2HBr$

4. **জল ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া :** ব্রোমিন জলে ক্লোরিন অপেক্ষা কম দ্রাব্য। ব্রোমিন জল অন্ধকারে সুস্থিত কিন্তু প্রখর সূর্যালোকে ধীরে ধীরে বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$2Br_2+2H_2O=4HBr+O_2$$

ব্রোমিনের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ হিমমিশ্রণে শীতল করিলে সোদক ব্রোমিনের $Br_2, 10H_2O$ লাল কেলাস উৎপন্ন হয়।

ক্লোরিন অপেক্ষা ব্রোমিনের আর্দ্রবিশ্লেষণের মাত্রা কম। তবু জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণ ব্রোমিন আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোব্রোমিক ও হাইপোব্রোমাস অ্যাসিডরূপে অবস্থান করে। $Br_2+H_2O=HBr+HOBr$

ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়াকালে ব্রোমিন ক্লোরিনের মতই শীতল ও লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইটের মিশ্রণ এবং গাঢ় ও উষ্ণ দ্রবণের ক্ষেত্রে ব্রোমাইড ও ব্রোমেট উৎপন্ন করে।

$$\overset{0}{Br_2}+2NaOH=Na\overset{-1}{Br}+NaO\overset{+1}{Br}+H_2O$$

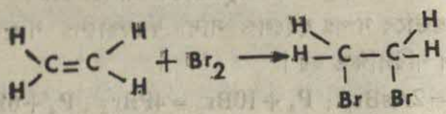
$$3\overset{0}{Br_2}+6NaOH=5Na\overset{-1}{Br}+Na\overset{+5}{Br}O_3+3H_2O$$

5. জারণ বিক্রিয়া ঃ ব্রোমিনের জারণ ক্ষমতা আছে। ইহা সালফিউরাস ও আর্সেনিয়াস অ্যাসিডকে যথাক্রমে সালফিউরিক ও আর্সেনিক অ্যাসিডে জারিত করে। পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন, হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার ও অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন মুক্ত করে এবং ফরমিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে।

$H_2SO_3+Br_2+H_2O=2HBr+H_2SO_4$;
$H_3AsO_3+Br_2+H_2O=H_3AsO_4+2HBr$; $2KI+Br_2=2KBr+I_2$;
$H_2S+Br_2=2HBr+S$; $8NH_3+3Br_2=N_2+6NH_4Br$;
$HCOOH+Br_2=2HBr+CO_2$

ক্ষারযুক্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণকে জারিত করিয়া ব্রোমিন অক্সিজেন নির্গত করে। $H_2O_2+2NaOH+Br_2=2NaBr+2H_2O+O_2$ । আর্দ্র ব্রোমিনের মৃদু বিরঞ্জন ক্ষমতাও আছে। জারণের সাহায্যে ইহা কিছু কিছু জৈব রঙীন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে।

6. যুতযৌগ গঠন ঃ অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ব্রোমিন যুতযৌগ গঠন করে।



ইথিলিন ইথিলিন ব্রোমাইড

ব্রোমিনের কার্বন ডাই-সালফাইডে প্রস্তুত দ্রবণের লাল বর্ণ অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সহিত বিক্রিয়ায় বর্ণহীন হয়; ইহা জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার একটি পরীক্ষা।

7. বিয়োজন ঃ 1000°C-এর নিম্নে ব্রোমিন অণু প্রায় সম্পূর্ণভাবে দ্বিপরমাণুক ; কিন্তু উচ্চতর তাপমাত্রায় ইহা আংশিকভাবে এক পরমাণুক অণুতে বিয়োজিত হয় (1050°C-এ 6% বিয়োজন) ; $Br_2 \rightleftharpoons 2Br$

পরীক্ষার সাহায্যে ব্রোমিনের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ ঃ

1. ইহা কাচ অপেক্ষা ভারী ঃ ব্রোমিন দ্বারা অর্ধপূর্ণ একটি বীকারে একটি কাচের ছিপি ফেলিয়া দিলে উহা ডুবিয়া না গিয়া ব্রোমিনের উপর ভাসিবে।

2. ইহা দাহ্য নয়, দহনের সহায়কও নয় ঃ ব্রোমিন বাষ্পপূর্ণ একটি গ্যাসজারের মধ্যে একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায় এবং ব্রোমিনও প্রজ্বলিত হয় না।

3. তপ্ত অবস্থায় ইহা হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় ঃ একটি জলন্ত হাইড্রোজেন জেট ব্রোমিন বাষ্পপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে, হাইড্রোজেন গ্যাসের দহন অব্যাহত থাকে।

4. আর্সেনিক চূর্ণ ব্রোমিনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে ঃ একটি মোটা পরীক্ষানলের মধ্যে কয়েক মিলিলিটার ব্রোমিন লইয়া উহার মধ্যে আর্সেনিক চূর্ণ

ছড়াইয়া দিলে দেখা যাইবে যে, আর্সেনিক চূর্ণ ব্রোমিনের সংস্পর্শে আসিবার সঙ্গে সঙ্গে লালাভ সাদা আলোক নির্গত করিয়া জলিয়া উঠিতেছে।

5. **ইহার মৃদু বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে ঃ** ব্রোমিন বাষ্পপূর্ণ একটি গ্যাস-জারের মধ্যে একখণ্ড আর্দ্র লিটমাস কাগজ অনুপ্রবিষ্ট করিয়া রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে কাগজটি বিরঞ্জিত হইয়া যাইবে।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা ঃ (i) ব্রোমিনকে উহার ঘন লালবর্ণ ও ঝাঁঝালো গন্ধ দ্বারা সনাক্ত করা যায়। (ii) ইহা স্টার্চ দ্রবণকে কমলা রঙে রঞ্জিত করে। (iii) ইহা স্টার্চ আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজকে নীল রঙে রঞ্জিত করে। (iv) ইহা কার্বন ডাই-সালফাইড, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হইয়া বাদামী লাল দ্রবণ উৎপন্ন করে।

ব্যবহার ঃ (i) ব্রোমিন সর্বাপেক্ষা অধিক ব্যবহৃত হয় ইথিলিন ডাইব্রোমাইড প্রস্তুতির জন্য। ইথিলিন ডাইব্রোমাইড 'অ্যান্টিনক' যৌগ (Antiknock Compound) লেড টেট্রাইথাইলের সহিত পেট্রোলে যোগ করা হয়।

(ii) ব্রোমিনকে 'ডাই-অ্যাটমাস মৃত্তিকায়' প্রস্তুত ইটে শোষিত করিয়া 'কঠিন ব্রোমিন' নামে জীবাণুনাশক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

(iii) ব্রোমিন-ঘটিত যৌগ ফটোগ্রাফিতে, ঔষধে এবং বহুবিধ জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(iv) রসায়নাগারে বিকারক হিসাবেও ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

আয়োডিন (I)

পারমাণবিক গুরুত্ব 126·92 পারমাণবিক সংখ্যা 53

ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^2 3p^6 3d^{10}, 4s^2 4p^6 4d^{10}, 5s^2 5p^6$

1812 খ্রীস্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী কুর্তোয়া (Courtois) সামুদ্রিক উদ্ভিদের দগ্ধাবশেষ হইতে এই মৌল প্রথম পৃথক করেন এবং গে-লুসাক ইহার বাষ্পের বেগুনী বর্ণের জন্য ইহার নাম দেন আয়োডিন (গ্রীক iodes অর্থ বেগুনী)। কয়েক ক্ষেত্রে, যেমন লিংকনের নিকট উডহল স্পা (Woodhall Spa)-এর জলে, মুক্ত অবস্থায় সামান্য পরিমাণ আয়োডিনের অস্তিত্ব সনাক্ত করা যায় কিন্তু এইসব নগণ্য দৃষ্টান্তের কথা বাদ দিলে আয়োডিন প্রকৃতিতে মূলত যুক্ত অবস্থাতেই অবস্থান করে। সমুদ্রের জলে সামান্য পরিমাণ (0·001%) আয়োডিন যৌগ থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ এই আয়োডিন শোষণ করিয়া নিজেদের দেহে সঞ্চয় করে। বস্তুত সামুদ্রিক উদ্ভিদ পুড়াইয়া প্রাপ্ত ছাই বা 'কেল্প' (kelp) আয়োডিন শিল্পোৎপাদনের অন্যতম প্রধান উৎস। মেক্সিকোতে সিলভার, লেড ও মারকিউরিক আয়োডাইড পাওয়া যায়। ডলোমাইট, ক্যালসিয়াম ফসফেট এবং রকসল্টের কয়েক প্রকার আকরিকের মধ্যেও আয়োডিন অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে। চিলির সল্টপিটারের মধ্যে প্রায় 0·2% সোডিয়াম আয়োডেট আছে এবং ইহাও আয়োডিন শিল্পোৎপাদনের একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস।

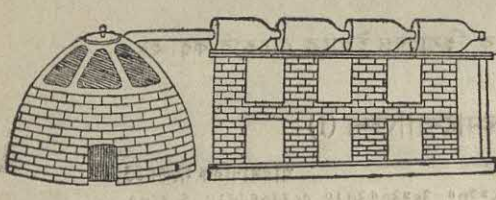
আয়োডিন প্রস্তুতি ঃ

(a) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি প্রণালী ঃ** একটি বক্‌যন্ত্রে 3·5 গ্রাম পটাসিয়াম আয়োডাইড, 7 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও 100 মিলিলিটার ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তার জালির উপর স্টাণ্ডের সাহায্যে এমনভাবে আটকানো হয়, যাহাতে বক্‌যন্ত্রের সরু শেষ প্রান্ত একটি শীতলীকৃত গ্রাহকপাত্রের মধ্যে অনুপ্রবিষ্ট থাকে (যন্ত্রসজ্জা ব্রোমিন প্রস্তুতির চিত্র 7.7-এর অনুরূপ)। অতঃপর বক্‌যন্ত্রটিকে সাবধানে উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন বেগুনী বাষ্পরূপে নির্গত হইতে থাকে এবং বক্‌যন্ত্রের গলার শীতল অংশ এবং গ্রাহকপাত্রের মধ্যে কালো উজ্জ্বল কেলাসরূপে সঞ্চিত হয়। উৎপন্ন আয়োডিনকে পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশাইয়া ঊর্ধ্বপাতনের সাহায্যে অশুদ্ধিমুক্ত করা হয়।

$$2K\overset{-1}{I}+\overset{+4}{Mn}O_2+3H_2SO_4=2KHSO_4+\overset{+2}{Mn}SO_4+\overset{0}{I}_2+2H_2O$$

(b) গাঢ় পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলেও অথবা উক্ত দ্রবণের মধ্যে হিসাব অনুযায়ী ব্রোমিন যোগ করিলেও আয়োডিন উৎপন্ন হয়। $2KI+Cl_2=2KCl+I_2$; $2KI+Br_2=2KBr+I_2$

(c) **সামুদ্রিক উদ্ভিদ হইতে আয়োডিন শিল্পোৎপাদন ঃ** প্রথমে শুষ্ক সামুদ্রিক উদ্ভিদ পুড়াইয়া কেল্প (kelp) প্রস্তুত করা হয়। কেল্পের মধ্যে সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের আয়োডাইড, ক্লোরাইড, সালফেট, কার্বনেট ইত্যাদি এবং কিছু ম্যাগনেসিয়াম লবণ মিশ্রিত থাকে। কেল্পকে জলের সহিত ফুটাইয়া ফিল্টার করিলে যে, পরিস্রুত পাওয়া যায় তাহাকে বাষ্পায়ন করিয়া গাঢ় করিলে অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্যতাযুক্ত লবণগুলি, যথা—NaCl, KCl, Na_2SO_4, K_2SO_4 ইত্যাদি কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়, কিন্তু অধিকতর দ্রাব্য NaI ও KI দ্রবণের মধ্যে থাকিয়া যায়। অতঃপর এই গাঢ় দ্রবণটিকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া পাতিত করিলে মুক্তি প্রাপ্ত আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া বাষ্পাকারে নির্গত হয় এবং অ্যালুডেল (aludel) নামে পরিচিত পোড়া মাটির শীতকে আসিয়া কঠিন কেলাসরূপে সঞ্চিত হয় (চিত্র 7.9)।



চিত্র 7.9 আয়োডিন উৎপাদন

$$2NaI+MnO_2+3H_2SO_4=2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O+I_2$$

(d) **চিলি সল্টপিটার হইতে ঃ** চিলি সল্টপিটার বা ক্যালিচের (caliche) মধ্যে সোডিয়াম আয়োডেট থাকে। ক্যালিচকে জলে দ্রবীভূত করিয়া প্রাপ্ত দ্রবণকে গাঢ় করিলে সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হইয়া পৃথক হয় এবং অবশিষ্ট দ্রবণে (mother liquor) সোডিয়াম বাই-সালফাইট যোগ করিলে আয়োডিনের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$2Na\overset{+5}{I}O_3+5NaH\overset{+4}{S}O_3=3NaH\overset{+6}{S}O_4+2Na_2\overset{+6}{S}O_4+\overset{0}{I}_2+H_2O$$

অধঃক্ষিপ্ত আয়োডিন ফিল্টার করিয়া ঊর্ধ্বপাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ করা হয়।

আয়োডিনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : আয়োডিন ধাতব ঔজ্জ্বল্যযুক্ত গাঢ় ধূসরবর্ণের কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। উত্তপ্ত করিলে ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়। বিশুদ্ধ অবস্থায় আয়োডিন বাষ্পের রঙ ঘন নীল কিন্তু বায়ুর সহিত মিশ্রিত অবস্থায় বেগুনী। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·94। ইহার জলে দ্রাব্যতা ক্লোরিন বা ব্রোমিনের তুলনায় অনেক কম। ইহা অ্যালকোহল ইথার, কার্বন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি বহু জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। ইহার অ্যালকোহল বা ইথারে প্রস্তুত দ্রবণ বাদামী কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড বা ক্লোরোফর্মে প্রস্তুত দ্রবণ বেগুনী।

বিশুদ্ধ জলে আয়োডিনের দ্রাব্যতা কম হইলেও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ইহার দ্রব্যতা লক্ষণীয়ভাবে অধিক। এই অতিরিক্ত দ্রাব্যতার কারণ পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত আয়োডিনের বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইডের উৎপত্তি। $KI+I_2 \rightleftharpoons KI_3$

রাসায়নিক ধর্ম : হ্যালোজেন গোষ্ঠীভুক্ত অন্যান্য মৌলের সহিত রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্য থাকিলেও তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল হিসাবে আয়োডিন উহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা কম সক্রিয়। অন্যান্য হ্যালোজেনের তুলনায় ইহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অর্থাৎ কক্ষস্থিত ইলেকট্রনের সংখ্যা অধিক হওয়ায় উহারা ইলেকট্রন গ্রহণের সময় অধিকতর মাত্রায় বাধা সৃষ্টি করে।

1. **দহন ধর্ম :** আয়োডিন দাহ্য নয় এবং দহনের সহায়কও নয়, তবে কয়েকটি ধাতু ও অধাতু আয়োডিন বাষ্পের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে।

2. **ধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** পটাসিয়াম আয়োডিনের সংস্পর্শে আসিলে বিস্ফোরণসহ যুক্ত হয় এবং অ্যান্টিমনি চূর্ণ আয়োডিন বাষ্পের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে।

$$2K+I_2=2KI;\quad 2Sb+3I_2=2SbI_3$$

একটি মর্টারে মারকারি ও আয়োডিন কেলাস লইয়া নাড়িলে, সবুজ বর্ণের মারকিউরাস আয়োডাইড অথবা হলুদবর্ণের মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। মারকারির পরিমাণ বেশি হইলে মারকিউরিক আয়োডাইড পাওয়া যায়।

$$2Hg+I_2=Hg_2I_2;\ Hg+I_2=HgI_2$$

3. **অধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** সাদা ফসফরাস কঠিন আয়োডিনের সংস্পর্শে আসিলে জ্বলিয়া উঠে। $P_4+6I_2=4PI_3$

আয়োডিন অন্যান্য হ্যালোজেন মৌলের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া যথাক্রমে আয়োডিন পেন্টাক্লোরাইড, আয়োডিন ট্রাই-ক্লোরাইড ও আয়োডিন মনোক্লোরাইড এবং আয়োডিন মনোব্রোমাইড উৎপন্ন করে। $I_2+5F_2=2IF_5$;

$$I_2+3Cl_2=2ICl_3;\ I_2+Cl_2=2ICl;\ I_2+Br_2=2IBr$$

আয়োডিন হাইড্রোজেনের সহিতও যুক্ত হয়। কিন্তু হাইড্রোজেনের প্রতি ইহার আসক্তি অন্যান্য হ্যালোজেনের তুলনায় কম। কেবলমাত্র উচ্চতর তাপমাত্রায় এবং প্লাটিনামের মত অনুঘটকের উপস্থিতিতে আয়োডিন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$

4. জল ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া : আয়োডিনের জলে দ্রাব্যতা ক্লোরিন বা ব্রোমিনের তুলনায় কম এবং আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ($H_2O + I_2 \rightleftharpoons HI + HOI$) নগণ্য। তবু ইহা ক্লোরিন অথবা ব্রোমিনের মত লঘু শীতল ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইট লবণ এবং গাঢ় ও উষ্ণ ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডেট ও আয়োডাইড লবণ উৎপন্ন করে।

$$\overset{0}{I}_2 + 2NaOH = Na\overset{-1}{I} + NaO\overset{+1}{I} + H_2O$$

$$3\overset{0}{I}_2 + 6NaOH = 5Na\overset{-1}{I} + Na\overset{+5}{I}O_3 + 3H_2O$$

আয়োডিন ক্ষারযুক্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া অক্সিজেন নির্গত করে। $H_2O_2 + 2NaOH + I_2 = 2NaI + 2H_2O + O_2$

5. জারণ বিক্রিয়া : আয়োডিনের মৃদু জারণ ধর্ম আছে। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার মুক্ত করে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড অথবা সালফাইট লবণকে সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেটে জারিত করে।

$$H_2S + I_2 = 2HI + S\ ;\ I_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HI$$

পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে আয়োডিন দ্রবীভূত করিয়া ঐ দ্রবণে সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ যোগ করিলে তাৎক্ষণিক বিক্রিয়া ঘটে এবং সোডিয়াম থায়োসালফেট জারিত হইয়া সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেটে পরিণত হয়। দ্রবণে স্টার্চ উপস্থিত থাকিলে আয়োডিনের সংস্পর্শে যে-ঘন নীল রঙ উৎপন্ন হয়, থায়োসালফেট দ্রবণের সাহায্যে তাহাকে বর্ণহীন করিয়া বহু ধাতু ও যৌগের পরিমাণগত বিশ্লেষণ করা হয়। $2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$

আয়োডিন আর্সেনাইটকে আর্সেনেটে এবং স্ট্যানাস লবণকে স্ট্যানিক লবণে পরিণত করে। $Na_3AsO_3 + I_2 + H_2O = Na_3AsO_4 + 2HI$

$$SnCl_2 + I_2 + 2HCl = SnCl_4 + 2HI$$

6. বিজারণ বিক্রিয়া : কয়েকক্ষেত্রে শক্তিশালী জারক দ্রব্য আয়োডিনকে জারিত করিয়া আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত করে, যেরূপ বিক্রিয়া অন্য কোনও হ্যালোজেনের ক্ষেত্রে ঘটিতে দেখা যায় না।

$$3\overset{0}{I}_2 + 10H\overset{+5}{N}O_3 = 6H\overset{+5}{I}O_3 + 10\overset{+2}{N}O + 2H_2O\ ;$$

$$\overset{0}{I}_2 + 2H\overset{+5}{Cl}O_3 = 2H\overset{+5}{I}O_3 + \overset{0}{Cl}_2$$

শেষোক্ত ক্ষেত্রে আয়োডিন দ্বারা ক্লোরিনের প্রতিস্থাপন আপাতদৃষ্টিতে কম সক্রিয় হ্যালোজেন দ্বারা অধিকতর সক্রিয় হ্যালোজেনের প্রতিস্থাপন বলিয়া মনে হইলেও সত্যসত্যই তাহা নহে, কারণ ক্লোরিক অ্যাসিডে ক্লোরিন অথবা আয়োডিক অ্যাসিডে আয়োডিনের জারণসংখ্যা ধনাত্মক এবং ধনাত্মক তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে আয়োডিনের স্থান ক্লোরিনের ঊর্ধ্বে অর্থাৎ আয়োডিনের সক্রিয়তা ক্লোরিন অপেক্ষা বেশি।

7. আয়োডিনের লবণ : পারমাণবিক গুরুত্ব বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে হ্যালোজেনের তড়িৎ ঋণাত্মক চরিত্র কমিতে থাকে এবং আয়োডিনের ক্ষেত্রে উহার

মধ্যে কিছু কিছু তড়িৎ ধনাত্মক চরিত্রের আবির্ভাব ঘটে। আয়োডিন মনোক্লোরাইড তড়িতের সুপরিবাহী এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে আয়োডিন ধাতুর ন্যায় ক্যাথোডে মুক্ত হয় ; $ICl \rightleftharpoons I^+ + Cl^-$। জল ব্যতীত অন্য কোনও উপযুক্ত দ্রাবকে ICl_3-এর দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলেও অনুরূপ ঘটনা ঘটিতে দেখা যায়। ত্রিযোজী তড়িত ধনাত্মক আয়োডিনের অনুরূপ লবণ আয়োডিন অ্যাসিটেট ও আয়োডিন পারক্লোরেট যথাক্রমে আয়োডিনের গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণের সহিত ক্লোরিন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ায় এবং আয়োডিনের অনার্দ্র পারক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের সহিত ওজোনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$12CH_3COOH + 2I_2 + 3Cl_2O = 4I(CH_3COO)_3 + 6HCl + 3H_2O$$

$$I_2 + 6HClO_4 + O_3 = 2I(ClO_4)_3 + 3H_2O$$

তড়িৎ ধনাত্মক আয়োডিনের এইরূপ কয়েকটি লবণের উদাহরণ ঃ

আয়োডিন সায়ানাইড ICN ; আয়োডিন ফসফেট IPO_4

আয়োডিল সালফেট $(IO)_2SO_4$ ইত্যাদি

8. **বিয়োজন ঃ** আয়োডিন অণু 700°C তাপমাত্রা পর্যন্ত প্রায় সম্পূর্ণ ভাবে দ্বিপরমাণুক রূপে বর্তমান থাকে কিন্তু আরও অধিক উত্তপ্ত হইলে এক পরমাণুক অণুতে বিয়োজিত হইতে থাকে এবং প্রায় 1700°C তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ ভাবে বিয়োজিত হয়। $I_2 \rightleftharpoons 2I$

পরীক্ষা দ্বারা আয়োডিনের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ ঃ

(i) আয়োডিনের সংস্পর্শে কয়েকটি ধাতু ও অধাতু জ্বলিয়া উঠে ঃ (a) একটি শঙ্কুপীতে কিছু আয়োডিন কেলাস লইয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া শঙ্কুপীর অভ্যন্তরভাগ বেগুনী বাষ্পে পূর্ণ করিয়া দিবে এবং অতঃপর গলা বাহিয়া উঠিয়া বাহিরে ছড়াইয়া পড়িবে। এইবার ঐ শঙ্কুপীর মধ্যে সাবধানে অ্যান্টিমণি চূর্ণ অল্প অল্প করিয়া ছড়াইয়া দিলে দেখা যাইবে যে, প্রত্যেকটি চূর্ণ আয়োডিন বাষ্পের সংস্পর্শে আসা মাত্র জ্বলিয়া উঠিতেছে। (b) একটি পোর্সেলিন মুচিতে অল্প বিচূর্ণিত আয়োডিন কেলাস রাখিয়া উহার মধ্যে একখণ্ড সাদা ফসফরাস ফেলিয়া দিলে, অনতিবিলম্বে উহা জ্বলিয়া উঠিবে।

(ii) আয়োডিন জলে প্রায় অদ্রাব্য, কিন্তু KI দ্রবণে অথবা $CHCl_3$তে দ্রবণীয় ঃ একটি অর্ধজল পূর্ণ পরীক্ষানলে অল্প I_2 কেলাস যোগ করিয়া বহুক্ষণ ঝাঁকাইলেও I_2 তলায় পড়িয়া থাকিবে, জলে লক্ষণীয় মাত্রায় দ্রবীভূত হইবে না। কিন্তু উহার মধ্যে কিছু KI কেলাস যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে দেখা যাইবে যে, সমস্ত I_2 দ্রবীভূত হইয়া ঘন বাদামী দ্রবণে পরিণত হইয়াছে। এইবার পরীক্ষানলের মধ্যে এক মিলিলিটার ক্লোরোফর্ম যোগ করিয়া ঝাঁকাইলে দেখা যাইবে যে, $CHCl_3$ স্তর অধিকাংশ I_2 শোষণ করিয়া লইয়া ঘন বেগুনী দ্রবণে পরিণত হইয়াছে এবং KI দ্রবণের বাদামীবর্ণ অনেক হালকা হইয়া গিয়াছে।

(iii) আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে ঘন নীল রঙে রঞ্জিত করে ঃ একটি বীকারে কিছু পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ লইয়া উহাতে কয়েকটি I_2 কেলাস

মিশাইয়া ঝাঁকাইলে একটি ঘন বাদামী বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হইবে। উহাতে কয়েক মিলিলিটার স্টার্চ দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণটি ঘন নীল রঙে রঞ্জিত হইয়া যাইবে। অতঃপর বীকারে অল্প অল্প করিয়া সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ যোগ করিয়া যাইলে দেখা যাইবে যে, একসময়ে দ্রবণটি আবার বর্ণহীন হইয়া উঠিয়াছে। থায়োসালফেট আয়োডিনের সহিত যুক্ত হইয়া উহাকে অপসারিত করিবে বলিয়াই শেষ পর্যন্ত দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যাইবে।

ব্যবহার ঃ (i) জীবাণুনাশক ঔষধ হিসাবে ইহাকে টিঞ্চার আয়োডিন, টিঞ্চার বেঞ্জইন ইত্যাদি রূপে ব্যবহার করা হয়। বেদনানাশক মলমের মধ্যেও আয়োডিন ব্যবহার করা হয়।

(ii) পরীক্ষাগারে আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে ইহাকে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। এতদ্ব্যতীত মৃদু জারণধর্মী বিকারক হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

(iii) আয়োডোফর্ম, এনটেরোভুইনল ইত্যাদি ঔষধ প্রস্তুতিতেও প্রচুর পরিমাণ আয়োডিন ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ ঃ (i) আয়োডিন উত্তপ্ত করিলে উহা ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া বেগুনী বাষ্প নির্গত করে। এই ঊর্ধ্বপাতন ধর্ম এবং বাষ্পের বেগুনী বর্ণ দ্বারা আয়োডিনকে সহজেই সনাক্ত করা যায়।

(ii) স্টার্চ দ্রবণের সংস্পর্শে আসিলে আয়োডিন ঘন নীলবর্ণ উৎপন্ন করে। ইহাও আয়োডিন সনাক্তকরণের একটি নির্ভরযোগ্য পরীক্ষা।

(iii) ইহা ক্লোরোফর্ম বা কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইয়া ঘন বেগুনী দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(iv) অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনে আয়োডিনের পটাসিয়াম আয়োডাইড যুক্ত জলীয় দ্রবণ যোগ করার পর, কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড বা হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড

আণবিক সঙ্কেত HF আণবিক গুরুত্ব 20

প্রস্তুতি ঃ 1. ফ্লুয়োরস্পার হইতে ঃ সিলিকামুক্ত ফ্লুয়োরস্পারচূর্ণ এবং 90% সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণকে বক্‌যন্ত্রে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। $CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$।

বিক্রিয়াজাত হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডকে সংগ্রহ করার জন্য তীব্রভাবে শীতলীকৃত ইস্পাত, কপার অথবা লেড নির্মিত গ্রাহক পাত্র ব্যবহার করা হয়।

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিবার প্রয়োজন হইলে লেড নির্মিত গ্রাহকপাত্রে জল রাখা হয় এবং হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের 40% জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া গাটাপার্চা-নির্মিত বোতলে রাখিয়া দেওয়া হয়। আরও অধিক গাঢ়ত্বের অ্যাসিড রাখিবার জন্য পলিথিন-নির্মিত বোতল এবং অনার্দ্র অ্যাসিড রাখিবার জন্য প্লাটিনাম, গোও বা সিলভার-নির্মিত পাত্র ব্যবহৃত হয়।

বিঃ দ্রঃ (i) প্রস্তুতিতে ব্যবহার্য ফ্লুয়োরস্পার সিলিকামুক্ত হওয়া উচিত। সিলিকা উপস্থিত থাকিলে উৎপন্ন অ্যাসিডে হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড অশুদ্ধি হিসাবে আবির্ভূত হয়।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O \; ; \; 2HF + SiF_4 = \underset{\text{ফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড}}{H_2SiF_6}$$

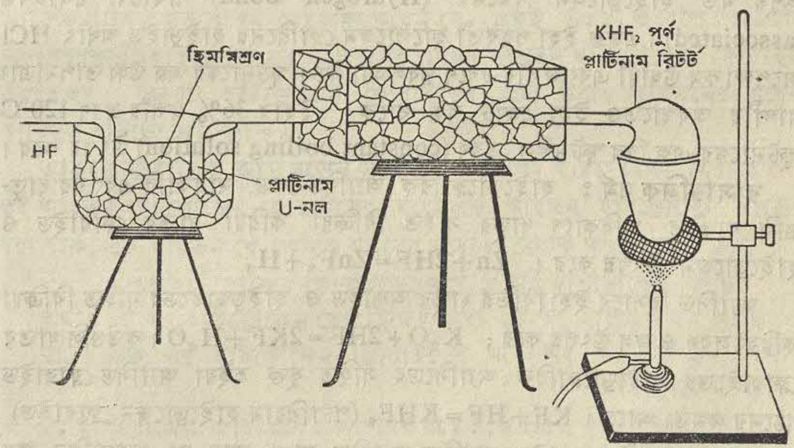
(ii) বিক্রিয়ার জন্য ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব 90% হওয়া উচিত। সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব আরও অধিক হইলে ফ্লুয়োসালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_2SO_4 + HF = H_2O + SO_2(OH)F \quad (\text{ফ্লুয়োসালফোনিক অ্যাসিড})$$

2. **বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি :** বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য প্রথমে ফ্রেমির লবণ (KHF_2) প্রস্তুত করা হয়।

(a) ফ্রেমির লবণ (Fremy's salt)

প্রস্তুত প্রণালী : হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ লইয়া প্রথমে উহাকে সমান দুই ভাগে ভাগ করা হয়। অতঃপর একটি অংশকে পটাসিয়াম



চিত্র 7.10 বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

কার্বনেটের সাহায্যে প্রশমিত করিয়া উহার মধ্যে অপর অংশ যোগ করা হয় এবং একটি প্লাটিনাম ডিশে বাষ্পায়ন করিয়া পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড বা ফ্রেমির লবণ কেলাসাকারে পৃথক করা হয়।

$$2HF + K_2CO_3 = 2KF + H_2O + CO_2 \; ; \; KF + HF = KHF_2 \quad (\text{ফ্রেমির লবণ})$$

(b) বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত প্রণালী : একটি প্লাটিনাম-নির্মিত বকযন্ত্রে শুষ্ক ফ্রেমির লবণ লইয়া উহার সরু শেষ প্রান্তকে হিম মিশ্রণে শীতলীকৃত একটি দীর্ঘ প্লাটিনাম নলের একপ্রান্তের সহিত সংযুক্ত করা হয়। দীর্ঘ প্লাটিনাম নলটির অপর প্রান্তও হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত একটি U-নলের

সহিত সংযুক্ত থাকে। অতঃপর বক্‌যন্ত্রটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ফ্রেমির লবণ বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করিবে এবং উহা শীতল হইয়া U-নলের মধ্যে তরল আকারে সঞ্চিত হইবে।

৩. উত্তপ্ত লেড অথবা সিলভার ফ্লোরাইডের উপর দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলেও অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস পাওয়া যায়।

$$2AgF+H_2=2Ag+2HF\text{ ; }PbF_2+H_2=Pb+2HF$$

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ

ভৌতধর্ম ঃ অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড বর্ণহীন অত্যধিক উদ্বায়ী তরল অথবা গ্যাস (স্ফুটনাঙ্ক 19·4C°)। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই বেশি। ইহার একটি ঝাঁঝালো গন্ধ আছে এবং ইহা দ্রুত স্বরনালী আক্রমণ করিয়া মানুষকে স্থায়িভাবে মূক করিয়া দেয়। ইহা বিষাক্ত এবং চামড়ার সংস্পর্শে আসিলে গভীর ক্ষতের সৃষ্টি করে। অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড তড়িতের সুপরিবাহী নহে কিন্তু জলের মতই উৎকৃষ্ট আয়নীভবনের মাধ্যম। জলীয় দ্রবণে ইহা মৃদু অ্যাসিড-ধর্ম প্রদর্শন করে। অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের অণু জলের অণুর মত হাইড্রোজেন বন্ধনের (Hydrogen bond) সাহায্যে জোটবদ্ধ (associated)। এজন্য ইহা পরবর্তী হ্যালোজেন ক্লোরিনের হাইড্রাইড অর্থাৎ HCl অপেক্ষা কম উদ্বায়ী এবং জলীয় দ্রবণে দুর্বল অ্যাসিড। স্ফুটনাঙ্কের অল্প উর্ধ্ব তাপমাত্রায় বাষ্পীয় অবস্থাতেও ইহা জোট বদ্ধ থাকে। ইহার 36% জলীয় দ্রবণ 120°C স্ফুটনাঙ্কের এক স্থির স্ফুটনশীল দ্রবণ (constant boiling solution) উৎপন্ন করে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড লেড, মারকারি এবং বর ধাতুগুলি ব্যতীত অধিকাংশ ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব ফ্লোরাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। $Zn+2HF=ZnF_2+H_2$

অ্যাসিড হিসাবে ইহা বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে ; $K_2O+2HF=2KF+H_2O$। কতগুলি ধাতব ফ্লোরাইডের হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিড ফ্লোরাইড গঠনের ক্ষমতা আছে। $KF+HF=KHF_2$ (পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড)

কাচ-খোদাই ঃ হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা কাচ বা পোর্সেলিন ক্ষয় প্রাপ্ত হয় ; উহাদের মধ্যে উপস্থিত সিলিকা হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড ও হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



চিত্র 7.11 কাচ খোদাই

$$SiO_2+4HF=SiF_4+2H_2O\text{ ; }SiF_4+2HF=H_2SiF_6$$

এইজন্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে কাচের বোতলের পরিবর্তে গাটাপার্চার বোতলে অথবা ভিতরে মোমের প্রলেপ দেওয়া বোতলে রাখা হয়। কোনও কাচের প্লেটে বা অন্য কোনও দ্রব্যে নক্সা খোদাই করিবার প্রয়োজন হইলে প্রথমে কাচের দ্রব্যটির উপর প্যারাফিন মোমের প্রলেপ দেওয়া হয়। অতঃপর মোম আবৃত বহিস্তলে কোনও সূচালো দ্রব্যের সাহায্যে নক্সাটি আঁকিয়া উহার উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ মাখানো হয় অথবা দ্রব্যটিকে অনার্দ্র হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাষ্পের সংস্পর্শে আনা হয় (চিত্র 7.11)। পরিশেষে কাচ খোদাই শেষ হইয়া যাইবার পর দ্রব্যটিকে তার্পিন তৈল দ্বারা ধৌত করিয়া মোম হইতে মুক্ত করা হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ অথবা জলীয় বাষ্পযুক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সাহায্যে খোদাই করিলে খোদাই করা স্থানটি স্বচ্ছ এবং অনার্দ্র হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস অথবা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত দ্রবণের সাহায্যে খোদাই করিলে অস্বচ্ছ বলিয়া প্রতীয়মান হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংযুতি ঃ গোরে সিলভার ক্লোরাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসের পরিমণ্ডলে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস প্রস্তুত করেন এবং লক্ষ্য করেন যে, একই উষ্ণতা ও চাপে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী হাইড্রোজেনের আয়তনের দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে উহার আয়তনের অর্ধেক আয়তন হাইড্রোজেন থাকে।

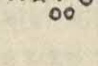
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্কেত ঃ পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে এক আয়তন হাইড্রোজেন আছে। ধরা যাক, এক আয়তন যে কোনও গ্যাসের মধ্যে n সংখ্যক অণু থাকে ;

∴ 2n অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে n অণু হাইড্রোজেন আছে
অর্থাৎ দুই অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে এক অণু হাইড্রোজেন আছে
বা, এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে অর্ধ অণু বা এক পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

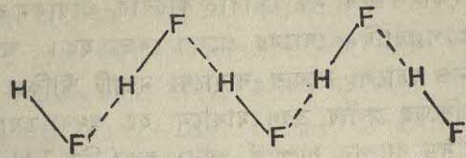
∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেতকে HF_n রূপে প্রকাশ করা যায়।
আবার ∵ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গ্যাসীয় ঘনত্ব 10
∴ উহার আণবিক গুরুত্ব 20

∴ $1+19n=20$ ∴ $n=1$; অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত HF

আণবিক গঠন ও ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ অজোটবদ্ধ অবস্থায় হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক গঠন ও ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ ঃ

H−F 

কিন্তু হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের অণুগুলি সাধারণত হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে আঁকাবাঁকা শৃঙ্খল আকৃতিতে জোটবদ্ধরূপে অবস্থান করে।



ব্যবহার : হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডকে রাসায়নিক উপায়ে নকল ক্রায়োলাইট (অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য প্রয়োজনীয়) প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা হয়। কাচ অথবা পোর্সেলিনে খোদাই করার জন্য এবং ঢালাই করা দ্রব্যাদি হইতে বালি দূরীভূত করার জন্যও ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

জিঙ্ক ফ্লোরাইড ও সোডিয়াম ফ্লোরাইডকে কাষ্ঠ সংরক্ষণের জন্য ব্যবহার করা হয়। সন্ধান প্রক্রিয়ায় অ্যালকোহল প্রস্তুতির সময় যেসব বন্য প্রজাতির ইষ্টের জন্য অ্যালকোহলের পরিবর্তে 'ফিউজাল অয়েল' উৎপন্ন হয়, সেগুলি সংহারের জন্যও সোডিয়াম ফ্লোরাইড ব্যবহার করা হয়।

ফ্লোরাইড লবণ ও উহার সনাক্তকরণ : বহু বিষয়ে ফ্লোরাইডের ধর্ম অন্যান্য হ্যালাইড অপেক্ষা ভিন্ন। সিলভার ফ্লোরাইড দ্রাব্য, কিন্তু ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড জলে প্রায় অদ্রাব্য। Na_3AlF_6 অথবা Na_3FeF_6 জলে অদ্রাব্য এবং দ্রবণীয় ফ্লোরাইড লবণকে ফেরিক লবণের সাহায্যে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ফ্লোরাইড লবণের আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণ করা যায়।

1. **ফ্লোরাইডের শুষ্ক পরীক্ষা :** একটি কাচের পরীক্ষানলে ফ্লোরাইড লবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে পরীক্ষানলের মধ্যে কাচ সিক্ত করে না এমন এক তৈলসদৃশ তরলের উৎপত্তি হইবে এবং পরীক্ষানলের মুখে প্লাটিনাম তারের সাহায্যে একবিন্দু জল ঝুলাইয়া রাখিলে জলবিন্দুটি অস্বচ্ছ হইয়া মোম সদৃশ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করিবে। পরীক্ষানলের কাচে উপস্থিত সিলিকার সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফ্লোরাইড লবণের বিক্রিয়ায় যে সিলিকন টেট্রাফ্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়, তাহা জলের দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া জেলি সদৃশ সিলিসিক অ্যাসিডে পরিণত হয় বলিয়াই ঐরূপ ঘটে।

$SiO_2+2CaF_2+2H_2SO_4=SiF_4+2CaSO_4+2H_2O$

$3SiF_4+4H_2O=2H_2SiF_6$ (হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড) $+H_4SiO_4$

2. **সিক্ত পরীক্ষা :** ফ্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিলে সাদা ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, যাহা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড সনাক্তকরণেও অনুরূপ পরীক্ষা করা হয়, তবে শুষ্ক পরীক্ষার সময় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করার প্রয়োজন হয় না এবং সিক্ত পরীক্ষার পূর্বে উহাকে প্রশমিত করিয়া সোডিয়াম লবণে পরিণত করা হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

আণবিক সঙ্কেত HCl ; আণবিক গুরুত্ব 36·5 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 18·25

1648 খ্রীস্টাব্দে গ্লোবার খাদ্যলবণের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এই অ্যাসিডটি প্রস্তুত করেন। প্রিস্টলে উহার নাম দেন সামুদ্রিক অ্যাসিড (muriatic acid)। 1810 খ্রীস্টাব্দে ডেভি প্রমাণ করেন যে, ইহা হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের যৌগ এবং তখন উহার নাম দেওয়া হয় 'হাইড্রোজেন ক্লোরাইড'।

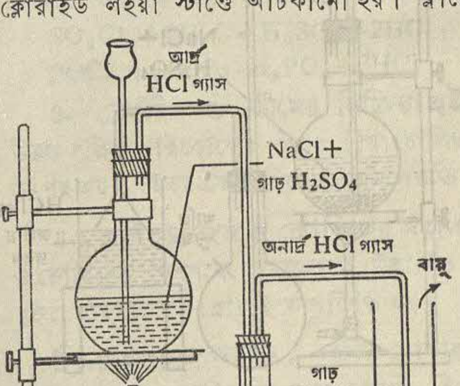
বহু আগ্নেয়গিরির নিঃসৃত গ্যাসে এবং সন্নিহিত নদীর জলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উপস্থিত থাকে। মানুষের পাচকরসে প্রায় 0·3% এবং কুকুরের পাচক-রসে 3% পর্যন্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উপস্থিত থাকিতে পারে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতি :

(a) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী : পরীক্ষাগারে সাধারণত সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে মৃদু উত্তপ্ত (150°-200°C) করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নল সংযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে ও সোডিয়াম ক্লোরাইড লইয়া স্টাণ্ডে আটকানো হয়। ফ্লাস্কের নির্গম-নলটিকে একটি ঘন সাল-ফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাসধৌতি ফ্লাস্কের সহিত সংযুক্ত করিয়া গ্যাসধৌতি ফ্লাস্কের বক্র নির্গম-নলটিকে একটি দাঁড় করানো গ্যাসজারের মধ্যে অনুপ্রবিষ্ট রাখা হয়। অতঃপর দীর্ঘনল ফানেল মাধ্যমে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এমনভাবে ঢালা হয় যাহাতে দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত উহার মধ্যে ডুবিয়া থাকে। সাল-ফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে আসা মাত্র বিক্রিয়া শুরু হয় এবং কিছু পরে বিক্রিয়ার গতি মন্থর হইলে গোলতল ফ্লাস্কটিকে মৃদুভাবে উত্তপ্ত করা হয়।



চিত্র 7.12 পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতি

বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসধৌতি ফ্লাস্কে জলীয় বাষ্প মুক্ত হইয়া বাতাসের ঊর্ধ্বাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয় (চিত্র 7.12)। ইহাকে মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারাও সংগ্রহ করা যায়।

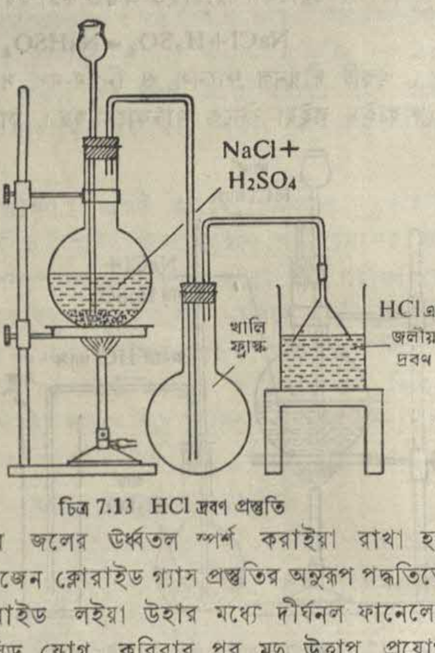
বিঃ দ্রঃ (i) NaCl ও ঘন H_2SO_4-এর মধ্যে বিক্রিয়া দুই ধাপে সম্পন্ন হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 \overset{150^\circ\text{-}200^\circ C}{=} NaHSO_4 + HCl$$

$$NaHSO_4 + NaCl \overset{>500^\circ C}{=} Na_2SO_4 + HCl$$

কিন্তু অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য Na_2SO_4 ধুইয়া কাচের ফ্লাস্ক পরিষ্কার করিতে অসুবিধার জন্য এবং উচ্চতর তাপমাত্রায় কাচ-নির্মিত ফ্লাস্ক ফাটিয়া যাইতে পারে বলিয়া পরীক্ষাগারে সচরাচর প্রথম পর্বেই সীমাবদ্ধ রাখা হয়। কিন্তু লে ব্লাঙ্ক পদ্ধতিতে HCl শিল্পোৎপাদনের সময় একই উপাদানগুলিকে উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া দ্বিতীয় পর্বের বিক্রিয়াটিকেও সম্পূর্ণ করা হয়। (ii) HCl গ্যাসকে অনার্দ্র করিবার জন্য P_2O_5 ব্যবহার করা যায় না, কারণ উহা HCl-এর সহিত ধীর গতিতে বিক্রিয়া করে। $2P_2O_5 + 3HCl = POCl_3 + 3HPO_3$

জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত প্রণালী : জলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা খুব বেশি। তাই উহার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতিকালে এমন কয়েকটি সর্তকতা গ্রহণ করা হয় যাহাতে অতিরিক্ত দ্রাব্যতা হেতু প্রস্তুতি ফ্লাস্কের ভিতরকার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের চাপ হঠাৎ কমিয়া গেলেও পশ্চাৎ-শোষণের (backsuction) ফলে জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির ফ্লাস্কে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সান্নিধ্যে উপস্থিত হইয়া বিপত্তি না ঘটায়। এজন্য দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত গোল-তল ফ্লাস্কের সহিত একটি শূন্য ফ্লাস্কের মাধ্যমে একটি উল্টানো ফানেলকে রবার নলের সাহায্যে সংযুক্ত করিয়া উল্টানো ফানেল-টিকে একটি অর্ধজলপূর্ণ বীকারের জলের ঊর্ধ্বতল স্পর্শ করাইয়া রাখা হয় (চিত্র 7.13)। অতঃপর হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রস্তুতির অনুরূপ পদ্ধতিতে গোলতল ফ্লাস্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড লইয়া উহার মধ্যে দীর্ঘনল ফানেলের সাহায্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিবার পর মৃদু উত্তাপ প্রয়োগ করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হইয়া বীকারের জলে দ্রবীভূত হইতে থাকিবে। অতিরিক্ত দ্রাব্যতাহেতু ফ্লাস্কের ভিতরকার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের চাপ যদি হঠাৎ কমিয়া যায় তাহা হইলে পশ্চাৎ-শোষণ শুরু হওয়া মাত্র কিছু জলীয় দ্রবণ বীকার হইতে ফানেলের মধ্যে প্রবেশ করিবে এবং বীকারের



চিত্র 7.13 HCl দ্রবণ প্রস্তুতি

জলতল নামিয়া গিয়া ফানেলের সহিত সংযোগ ছিন্ন করিবে। ফলে আরও অধিক পরিমাণ জল আর ভিতরে প্রবেশ করিতে পারিবে না। যদি এতদ্‌সত্ত্বেও কিছু জল পশ্চাৎ-শোষিত হইয়া ভিতরে যায় তাহা হইলেও উহা শূন্য ফ্লাস্কে আটক পড়িবে; গোলতল ফ্লাস্কে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সান্নিধ্যে আসিয়া বিপত্তি ঘটাইতে পারিবে না।

(b) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী :

1. ক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ দ্বারা : কতকগুলি অধাতুর ও বহুযোজী ধাতুর ক্লোরাইড জলের দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ;

$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$; $PCl_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HCl$
$2AsCl_3 + 3H_2O = As_2O_3 + 6HCl$; $2SbCl_5 + 5H_2O = Sb_2O_5 + 10HCl$
$BCl_3 + 3H_2O = H_3BO_3 + 3HCl$; $SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$
$SnCl_4 + 2H_2O = SnO_2 + 4HCl$; ইত্যাদি

সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ বিক্রিয়াটিকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা হয়।

থায়োনিল ক্লোরাইড ($SOCl_2$), সালফিউরিল ক্লোরাইড ও ফসফরাস অক্সি-ক্লোরাইডও অনুরূপভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

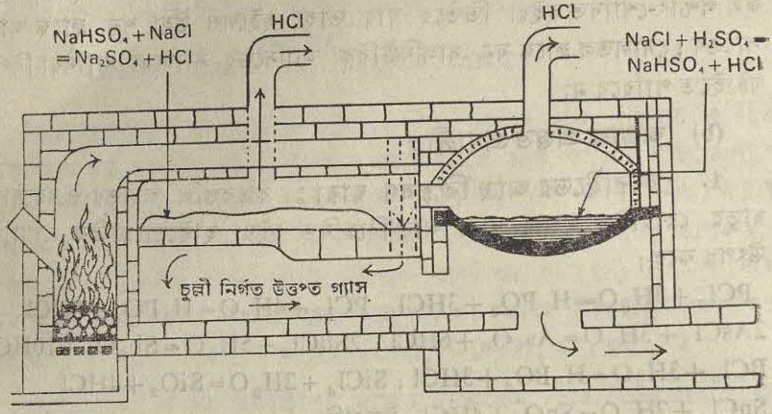
$SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$; $SOCl_2 + H_2O = SO_2 + 2HCl$;
$POCl_3 + 3H_2O = H_3PO_4 + 3HCl$

2. ক্লোরিন ও স্টীমের বিক্রিয়া হইতে : ক্লোরিন ও স্টীমের মিশ্রণকে উত্তপ্ত সক্রিয় চারকোলের উপর দিয়া চালিত করিলেও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ইহা একটি শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি। $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$

3. হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সরাসরি সংযোগ দ্বারা : হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণকে সূর্যালোকে উদ্ভাসিত করিলে উহারা বিস্ফোরণসহ যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি : কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদনের সময় প্রচুর পরিমাণ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যায়। এই উপজাত হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে সরাসরি সংযোগ দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতিই বর্তমানে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড শিল্পোৎপাদনের সর্বাপেক্ষা প্রচলিত পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে দুইটি প্রবেশনলের সাহায্যে সম-আয়তন হারে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনকে একটি সিলিকা ইষ্টক-নির্মিত কক্ষে চালিত করিয়া জ্বালাইয়া দেওয়া হয়। দহনের ঠিক পূর্বে হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সহিত মিশ্রিত হয় এবং বিস্ফোরণহীন ভাবে শিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিতে থাকে। অতঃপর উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসকে একটি শোষণস্তম্ভে চালিত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক জলীয় দ্রবণে পরিণত করা হয়।

4. **লে ব্লাঙ্ক পদ্ধতিঃ** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের এই পুরাতন পদ্ধতিতে পরীক্ষাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির উপাদানগুলিই



চিত্র 7.14 আবৃত চুল্লীতে সল্টকেক ও HCl উৎপাদন

অর্থাৎ সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। মধ্যম ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (চেম্বার অ্যাসিড) ও খাদ্যলবণের মিশ্রণকে প্রথম পর্যায়ে একটি আবৃত চুল্লীর (Muffle furnace) এক প্রান্তে অবস্থিত লৌহকটাহের মধ্যে, চুল্লীতে উৎপন্ন উষ্ণ গ্যাসের সাহায্যে প্রায় 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 7.14)। অতঃপর প্রথম পর্যায়ে উৎপন্ন সোডিয়াম বাই-সালফেটকে উপস্থিত অতিরিক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় দ্বিতীয় পর্যায়ে ফায়ার ক্লে ইষ্টক-নির্মিত আবৃত প্রকোষ্ঠে স্থানান্তরিত করিয়া চুল্লীর আগুনের সংস্পর্শে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়।

প্রথম পর্যায়ে বিক্রিয়া : $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$

দ্বিতীয় পর্যায়ে বিক্রিয়া : $NaCl + NaHSO_4 = Na_2SO_4 + HCl$

প্রথম পর্যায়ে এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে উৎপন্ন হইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসকে শোষণ স্তম্ভে জলে দ্রবীভূত করিয়া বাণিজ্যিক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয় এবং অবশিষ্ট সোডিয়াম সালফেটকে কাপড় কাচা সোডার (Na_2CO_3) শিল্পোৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বর্ণহীন, ঝাঁঝালো শ্বাসরোধকারী গন্ধ-যুক্ত গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা ভারী। ইহাকে সহজেই −85°C স্ফুটনাঙ্কের বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায়। অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িতের কুপরিবাহী। ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, আয়রন, পাথুরে চুন এবং বহু কার্বনেটের উপর ইহার কোনও ক্রিয়া নাই। কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম ইহা দ্বারা আক্রান্ত হইয়া হাইড্রোজেন নির্গত করে। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই বেশি। জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন ও

ক্লোরিনের ভিতরকার সমযোজী বন্ধন প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নীয় বন্ধনে রূপান্তরিত হয় এবং সেজন্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রায় 100% আয়নিত হইবার ক্ষমতাসম্পন্ন তীব্রতম অ্যাসিডগুলির অন্যতম হিসাবে আচরণ করে। পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক আসিড আসলে 37% জলীয় দ্রবণ। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 20·2% দ্রবণ 110°C স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট এক স্থির স্ফুটনশীল দ্রবণ (constant boiling solution)। কোনও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের গাঢ়ত্ব 20·2%-এর বেশি বা কম যাহাই হউক না কেন উহার স্ফুটনাঙ্ক 110°C অপেক্ষা কম হইবে। উত্তপ্ত করিলে উহা যথাক্রমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অথবা জলীয় বাষ্প ত্যাগ করিয়া 20·2% গাঢ়ত্ব অর্জন করিবে এবং স্ফুটনাঙ্ক বাড়িতে বাড়িতে 110°C তাপমাত্রায় আসিয়া সমস্ত দ্রবণটি বাষ্পে পরিণত হইবে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

1. **দহন ধর্ম ঃ** ইহা দাহ্য নহে এবং দহনের সহায়কও নহে। কিন্তু জলন্ত সোডিয়াম ধাতু এই গ্যাসের মধ্যে উজ্জ্বল হলুদ শিখাসহ জ্বলিয়া হাইড্রোজেন মুক্ত করে।

$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$$

2. **অ্যাসিড ধর্ম ঃ** ইহা তীব্র অ্যাসিড, নীল লিটমাসকে লাল করে এবং জলে প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন (বা হাইড্রোক্সোনিয়াম) ও ক্লোরাইড আয়ন উৎপন্ন করে।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- \; ; \; H^+ + H_2O = H_3{}^+O$$

ধনাত্মক তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের উর্ধ্বে অবস্থিত ধাতুগুলি ইহার সহিত বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া সংশ্লিষ্ট লবণে রূপান্তরিত হয়।

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \; ; \; Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

ইহা ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে এবং কার্বনেট, সালফাইট বা সালফাইড লবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-ক্সাইড বা হাইড্রোজেন সালফাইডকে মুক্ত করে।

$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O \; ; \; KOH + HCl = KCl + H_2O$$

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

$$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + SO_2 + H_2O$$

$$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$$

3. **বিজারণ ধর্ম ঃ** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, লেড-ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ইত্যাদি তীব্র জারকদ্রব্যগুলির দ্বারা উষ্ণ

অবস্থায় এবং পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অথবা ব্লিচিং পাউডার দ্বারা এমনকি ঘরের তাপমাত্রায় জারিত হইয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$$

$$\overset{+4}{Pb}O_2+4H\overset{-1}{Cl}=\overset{+2}{Pb}Cl_2+\overset{0}{Cl_2}+2H_2O\ ;\ K_2\overset{2(+6)}{Cr_2}O_7+14H\overset{-1}{Cl}$$

$$=2KCl+3\overset{0}{Cl_2}+2\overset{+3}{Cr}Cl_3+7H_2O$$

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4+16H\overset{-1}{Cl}=2KCl+2\overset{+2}{Mn}Cl_2+5\overset{0}{Cl_2}+8H_2O$$

$$Ca(O\overset{+1}{Cl})\overset{-1}{Cl}+2HCl=CaCl_2+H_2O+\overset{0}{Cl_2}$$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন ও নাইট্রোসিল ক্লোরাইডে (NOCl) পরিণত করে।

$$HNO_3+3HCl=NOCl+Cl_2+2H_2O$$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 1 : 3 আণবিক অনুপাতের (অর্থাৎ 1 : 4 আয়তনিক অনুপাতের) মিশ্রণকে অম্লরাজ (Aqua regia) বলে এবং ইহাকে গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি বরধাতুকে দ্রবীভূত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

4. **বিপরিবর্ত বিক্রিয়া :** লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে বিশ্লেষণ-ভিত্তিক প্রথম গ্রুপের ধাতুগুলিকে (অর্থাৎ মারকিউরাস, সিলভার ও লেডকে) অদ্রাব্য ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

$$AgNO_3+HCl=HNO_3+AgCl\downarrow$$

$$Hg_2(NO_3)_2+2HCl=2HNO_3+Hg_2Cl_2\downarrow$$

$$Pb(NO_3)_2+2HCl=2HNO_3+PbCl_2\downarrow$$

5. **অধাতুর সহিত বিক্রিয়া :** ফ্লোরিন এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সিজেন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিনকে প্রতিস্থাপিত করে। $2HCl+F_2=2HF+Cl_2$; $4HCl+O_2=2H_2O+2Cl_2$

6. **তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয় কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ক্লোরিন পাওয়া যায়।

$HCl=H^++Cl^-$; $2H^++2e=H_2$; $2Cl^-=Cl_2+2e$

পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের কয়েকটি ধর্মের প্রমাণ :

(i) HCl গ্যাস আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ধূমায়মান হয় ও অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে গাঢ় সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে : একটি HCl পূর্ণ গ্যাসজারের মুখের কাছে লাইকার অ্যামোনিয়ায় সিক্ত কাচনল আনিলে সঙ্গে সঙ্গে কাচনলের চারিপাশে ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হইবে। $NH_3+HCl=NH_4Cl$

(ii) HCl গ্যাস জলে দ্রাব্য নীল লিটমাসকে লাল করে : একটি HCl গ্যাসপূর্ণ ফ্লাস্কের মধ্যে কর্কের মাধ্যমে একটি জেটবাহী কাচনলের জেট-আকৃতি

প্রান্ত অনুপ্রবিষ্ট করিবার পর ফ্লাস্কটিকে উল্টাইয়া জেটবাহী কাচনলের অন্য প্রান্ত নীল লিটমাস দ্রবণপূর্ণ বীকারের মধ্যে ডুবাইয়া ধরিলে এবং ফ্লাস্কটির উপর বিন্দু বিন্দু ইথার ফেলিয়া শীতল করিলে, বীকার হইতে লিটমাস দ্রবণ ফোয়ারার আকারে উঠিয়া ফ্লাস্কটিকে পূর্ণ করিবে। সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের নীল রঙ লাল হইয়া উঠিবে।

(iii) ইহা দাহ্য নয় দহনের সহায়কও নয়ঃ একটি HCl পূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে শলাকাটি সঙ্গে সঙ্গে নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসটিও জ্বলিবে না।

(iv) জ্বলন্ত সোডিয়াম ধাতু এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলেঃ একটি উজ্জ্বলন চামচে একখণ্ড সোডিয়াম ধাতু জ্বালাইয়া জ্বলন্ত ধাতুখণ্ডটিকে HCl পূর্ণ গ্যাসজারে অনু-প্রবিষ্ট করিলে উহা হলুদ শিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিতে থাকিবে।

(v) জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু লঘু HCl দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ঃ দুইটি লঘু HCl দ্বারা অর্ধপূর্ণ পরীক্ষানলের একটির মধ্যে অল্প জিঙ্কের ছিবড়া এবং অন্যটির মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর খণ্ড যোগ করিলে, উভয় ক্ষেত্রেই বুদ্‌বুদ্‌সহ বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইবে যাহা নীলবর্ণ শিখার সহিত জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে অর্থাৎ হাইড্রোজেন। বিক্রিয়াশেষে দেখা যাইবে যে, দুইটি পরীক্ষানলেই ধাতুখণ্ডগুলি সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হইয়া গিয়াছে।

(vi) ধাতব কার্বনেট লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত করেঃ একটি পরীক্ষানলে লঘু HCl লইয়া উহার মধ্যে মার্বেল পাথরের খণ্ড ($CaCO_3$) যোগ করিলে প্রচুর বুদ্‌বুদ্‌সহ এমন এক বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হইবে যাহা চুনের জলকে ঘোলা করে অর্থাৎ উহা কার্বন ডাই-অক্সাইড।

(vii) HCl দ্রবণ তীব্র জারকদ্রব্য দ্বারা জারিত হয়ঃ একটি পরীক্ষানলের মধ্যে কয়েক মিলিলিটার $KMnO_4$ দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে বিন্দু বিন্দু গাঢ় HCl দ্রবণ যোগ করিলে দেখা যাইবে যে, ব্লিচিং পাউডারের গন্ধযুক্ত সবুজাভ হলুদ ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হইতেছে এবং শেষ পর্যন্ত $KMnO_4$ দ্রবণের বেগুনী বর্ণ অন্তর্হিত হইবে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহারঃ (i) পরীক্ষাগারে এবং শিল্পে বিকারক হিসাবে ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। (ii) ধাতুনিষ্কাশন বিদ্যায়, রঞ্জনশিল্পে অথবা চর্মশিল্পে ইহার ব্যবহার আছে। (iii) অনেক গুরুত্বপূর্ণ প্লাস্টিক, কৃত্রিম রবার ও তন্তু প্রস্তুতিতে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (iv) লৌহের উপর টিন বা জিঙ্কের প্রলেপ দিবার পূর্বে তাহাকে পরিষ্কার করিবার জন্য ইহাকে ব্যবহার করা হয়। (v) বিভিন্ন ধাতব লবণ এবং জৈব যোগ উৎপাদনের জন্যও ইহাকে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। (vi) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় 'অম্লরাজ' রূপে ইহাকে সোনা, প্লাটিনাম ইত্যাদি দ্রবীভূত করিবার জন্য ব্যবহার করা হয়।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা : (i) HCl গ্যাস NH_3-এর সংস্পর্শে NH_4Cl-এর ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে। (ii) HCl গ্যাস MnO_2 পূর্ণ উত্তপ্ত নলের মধ্য দিয়া চালিত হইলে জারিত হইয়া সবুজাভ হলুদ Cl_2-এর জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে এবং $AgNO_3$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সাদা AgCl-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে যাহা NH_4OH দ্রবণে দ্রাব্য কিন্তু লঘু HNO_3-তে অদ্রাব্য।

ক্লোরাইড লবণ সনাক্তকরণ : (i) ক্লোরাইড লবণ MnO_2 এবং ঘন H_2SO_4 মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে সবুজাভ হলুদ Cl_2 গ্যাস নির্গত হয়। (ii) ক্লোরাইড লবণ ঘন H_2SO_4 এবং $K_2Cr_2O_7$-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে ঘন লালবর্ণ ক্রোমিল ক্লোরাইড (CrO_2Cl_2) বাষ্প নির্গত হয়।

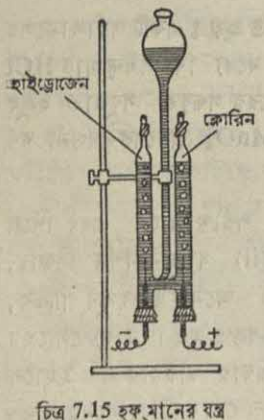
$$K_2Cr_2O_7 + 4KCl + 6H_2SO_4 = 2CrO_2Cl_2 + 6KHSO_4 + 3H_2O$$

(iii) ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলেও AgCl-এর সাদা অধঃক্ষেপে উৎপন্ন হয় যাহা NH_4OH-এ দ্রাব্য কিন্তু HNO_3-তে অদ্রাব্য।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সংযুতি : বিশ্লেষণাত্মক ও সংশ্লেষণাত্মক উভয় পদ্ধতিতেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

বিশ্লেষণাত্মক পদ্ধতিতে সংযুতি নির্ণয় :

(a) হফমানের যন্ত্রের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি : এই যন্ত্রের তিনটি অংশ, দুইপাশের অংশের উপরের দিকে একটি করিয়া স্টপ্‌কক এবং নীচের দিকে একটি করিয়া গ্যাস কার্বন-নির্মিত তড়িৎ-দ্বার সংযুক্ত থাকে। মধ্যের অংশটি একটি বাল্‌ব যাহার মধ্যে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ঢালিয়া যন্ত্রটি পূর্ণ করা হয় (চিত্র 7.15)। কার্বন তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া H_2 এবং Cl_2-এ পরিণত হয় কিন্তু Cl_2 দ্রাব্য বলিয়া প্রথমে যন্ত্রের পাশের অংশে সঞ্চিত না হইয়া দ্রবণটিকে Cl_2 দ্বারা সম্পৃক্ত হইয়া যাইবার পর যখন Cl_2 গ্যাস সংশ্লিষ্ট তড়িৎ-দ্বার যুক্ত অংশে সঞ্চিত হইতে আরম্ভ করে তখন তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া সঞ্চিত H_2 এবং Cl_2-কে স্টপ্‌কক খুলিয়া বাহির করিয়া দেওয়া হয়।

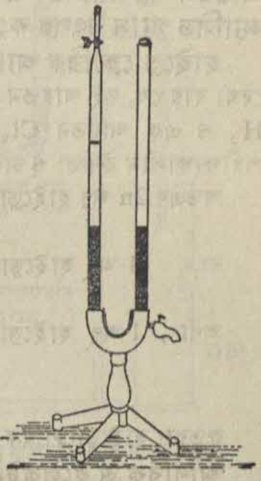


চিত্র 7.15 হফ্‌মানের যন্ত্র

অতঃপর পুনরায় তড়িৎ প্রবাহিত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া যন্ত্রের এক পাশে ক্যাথোড সংযুক্ত অংশে H_2 গ্যাস এবং অন্যপাশে অ্যানোড সংযুক্ত Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করিবে। দেখা যাইবে যে, উৎপন্ন H_2 এবং Cl_2 গ্যাস

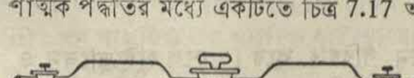
দুইটির আয়তন পরস্পরের সমান হইবে। অর্থাৎ H_2 সমায়তন Cl_2-এর সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

(b) সোডিয়াম পারদ-সংকর পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে একটি একদিকে স্টপ্‌কক সংযুক্ত U-নল ব্যবহার হয়। U-নলটির নীচে একটি কলও সংযুক্ত থাকে (চিত্র 7.16)। প্রথমে U-নলটিকে পারদে পূর্ণ করিয়া উহার স্টপ্‌কক সংযুক্ত প্রান্তের মাধ্যমে অনার্দ্র হাইড্রাক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস স্টপ্‌কক ও কল খুলিয়া ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। অতঃপর দুই বাহুর মারকারির উচ্চতাকে সমান করিয়া অনুপ্রবিষ্ট গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা হয়। এবার U-নলের উন্মুক্ত অংশ সোডিয়াম পারদ-সংকর দ্বারা পূর্ণ করিয়া যন্ত্রটিকে কয়েকবার সাবধানে কাত করিলে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাষ্প সোডিয়াম পারদ-সংকরের সংস্পর্শে আসিয়া কঠিন সাদা NaCl-এর সর এবং H_2 গ্যাস উৎপন্ন করিবে। দুই অংশের পারদস্তম্ভের উচ্চতাকে পুনরায় সমান করিয়া উৎপন্ন H_2-এর আয়তন নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে যে, উহার আয়তন ব্যবহৃত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আয়তনের ঠিক অর্ধেক। অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে উহার অর্ধায়তন হাইড্রোজেন থাকে। অতএব বিশ্লেষণাত্মক পদ্ধতির দুইটি পরীক্ষালব্ধ ফলকে একত্রিক করিয়া বলা যায় যে, **দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে এক আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিন আছে।**



চিত্র 7.16 সোডিয়াম পারদ সংকর পদ্ধতি

সংশ্লেষণাত্মক পদ্ধতিতে সংযুতি নির্ণয় : সংযুতি নির্ণয়ের একাধিক সংশ্লেষণাত্মক পদ্ধতির মধ্যে একটিতে চিত্র 7.17 অনুরূপ দুইটি সমায়তন বাল্‌বযুক্ত বিস্ফোরণ নল ব্যবহার করা হয়। বাল্‌ব দুইটির এক প্রান্ত একটি তিনমুখো স্টপকক (threeway stopcock) দ্বারা পরস্পর সংযুক্ত এবং অন্য মুখটি সাধারণ স্টপককের সহিত যুক্ত। পরীক্ষাকালে একটি বাল্‌ব H_2 গ্যাস এবং অন্যটি Cl_2 গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া তিনমুখো স্টপককের সাহায্যে পরস্পর সংযুক্ত করা হয়। অতঃপর বিস্ফোরণ নলটিকে পরোক্ষ সূর্যালোকের মধ্যে কয়েক ঘণ্টা রাখিয়া দিলে H_2 গ্যাস Cl_2 গ্যাসের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে পরিণত হইবে এবং যন্ত্রটির যে-কোনও একটি স্টপকক সংযুক্ত প্রান্ত মারকারির মধ্যে ডুবাইয়া খুলিলে যন্ত্রের মধ্যে মারকারির অনুপ্রবেশ পরিলক্ষিত হইবে না। অর্থাৎ বিক্রিয়ার ফলে কোনও আয়তন সঙ্কোচন হয় না। কিন্তু উহার যে-কোনও একটি স্টপকক সংযুক্ত প্রান্ত একইভাবে জলের মধ্যে ডুবাইয়া খুলিলে উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক



চিত্র 7.17 দুই বাল্‌বযুক্ত বিস্ফোরক নল

অ্যাসিড গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইতে থাকিবে এবং ধীরে ধীরে জল উঠিয়া যন্ত্রটিকে পূর্ণ করিয়া দিবে। সুতরাং প্রমাণিত হইবে যে, বিক্রিয়ার ফলে সমুদয় H_2 ও Cl_2 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে পরিণত হইয়াছিল।

এই পরীক্ষা হইতেও প্রমাণিত হয় যে, **এক আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।**

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক সঙ্কেতঃ পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে এক আয়তন H_2 ও এক আয়তন Cl_2 আছে। ধরা যাক, এক আয়তন যে-কোনও গ্যাসে পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা ও চাপে n-সংখ্যক অণু বর্তমান

অতএব 2n অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে n অণু H_2 এবং n অণু Cl_2 বর্তমান

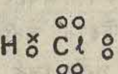
বা, 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে $\frac{1}{2}$ অণু H_2 এবং $\frac{1}{2}$ অণু Cl_2 বর্তমান

অর্থাৎ, 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে 1 পরমাণু H_2 এবং 1 পরমাণু Cl_2 আছে

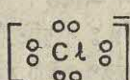
(∵ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বিপরমাণুক)

সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত HCl

আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠনঃ অনার্দ্র অবস্থায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে এবং ইহার আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন নিম্নরূপঃ



H—Cl

কিন্তু জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন হাইড্রোজেন হইতে ইলেকট্রনটিকে সম্পূর্ণরূপে গ্রহণ করিয়া তড়িৎ ঋণাত্মক  ক্লোরাইড আয়নে রূপান্তরিত হয় এবং হাইড্রোজেনকে তড়িৎ ধনাত্মক প্রোটনে পরিণত করে। ফলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের ভিতরকার সমযোজী বন্ধন তড়িৎযোজী বা আয়নীয় বন্ধনে পরিবর্তিত হয়।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড

আণবিক সঙ্কেত HBr ; আণবিক গুরুত্ব 81 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 40·5

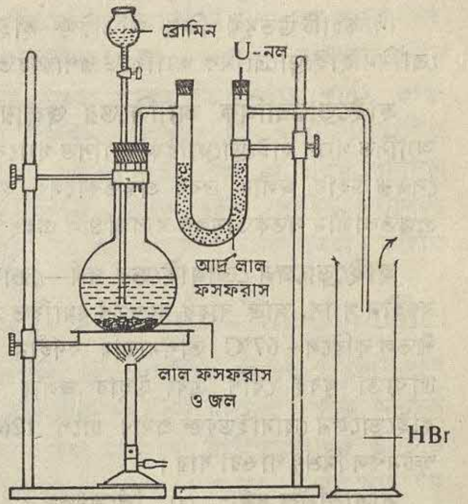
আগ্নেয়গিরি-নিঃসৃত গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উপস্থিত থাকে।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের প্রস্তুতিঃ

(a) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালীঃ** জলের উপস্থিতিতে লাল ফস্‌ফরাস ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় সাধারণত পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়। $P_4+6Br_2=4PBr_3$; $PBr_3+3H_2O=3HBr+H_3PO_3$

$P_4+10Br_2=4PBr_5$; $PBr_5+4H_2O=5HBr+H_3PO_4$

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে কিছু লাল ফসফরাস ও উহার দ্বিগুণ ওজনের জল লইয়া বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে গৃহীত জলের সম-আয়তন ব্রোমিন বিন্দু বিন্দু করিয়া ফ্লাস্কের মধ্যে যোগ করিলে তীব্র বিক্রিয়ার সহিত হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাস নির্গত হয় এবং উহাকে আর্দ্র লাল ফসফরাস ও কাচচূর্ণ দ্বারা পূর্ণ একটি U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া সহগামী ব্রোমিন বাষ্প হইতে মুক্ত করিবার পর বায়ুর ঊর্ধ্বাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। অনার্দ্র গ্যাসের প্রয়োজন হইলে উপরি-উক্ত উপায়ে উৎপন্ন গ্যাসকে সংগ্রহের পূর্বে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ আর একটি U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করা হয়। বিক্রিয়ার শেষ পর্বে বিক্রিয়ার গতি মন্থর হইয়া গেলে ফ্লাস্কটিকে অল্প উষ্ণ করার প্রয়োজন হয়।



চিত্র 7.18 পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি

বি. দ্রঃ (i) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও একটি ব্রোমাইড লবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে প্রথমে যে-হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়, তাহার অধিকাংশ দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়ায় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া ব্রোমিনে পরিণত হয়। সেইজন্য ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ব্রোমাইড লবণ উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। তবে তিন আয়তন ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত এক আয়তন জল মিশাইয়া ব্যবহার করিলে সামান্য ব্রোমিন বাষ্পযুক্ত মোটামুটি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ব্রোমাইড পাওয়া যায়। (ii) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডকে জারিত করে বলিয়া, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস অনার্দ্র করিবার জন্য উহাকে ব্যবহার করা যায় না।

(b) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী ঃ

(i) পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও সিরাপসদৃশ ফসফোরিক অ্যাসিড পাতিত করিয়াও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস প্রস্তুত করা যায়।

$$KBr + H_3PO_4 = KH_2PO_4 + HBr$$

(ii) অল্প আয়রন বা অ্যালুমিনিয়ামচূর্ণ-মিশ্রিত বেঞ্জিনের মধ্যে বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে বিন্দু বিন্দু ব্রোমিন যোগ করিলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। $C_6H_6 + 2Br_2 = C_6H_4Br_2 + 2HBr$

(iii) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** হাইড্রোজেন গ্যাস ও ব্রোমিন বাষ্পের মিশ্রণ 300°C-এর নিম্নে প্রখর সূর্যালোকে উদ্ভাসিত হইলেও পরস্পর সংযুক্ত হয় না, কিন্তু

প্লাটিনাম (অথবা চারকোল) অনুঘটকের উপস্থিতিতে 200°C তাপমাত্রাতেই বিক্রিয়া ঘটে। $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$

বিক্রিয়াটি উভমুখী কিন্তু অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের উপস্থিতিতে প্রায় সমগ্র ব্রোমিন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি : হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাস হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মতই জলে খুব বেশি দ্রাব্য এবং সেজন্য উহার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতকালেও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতকালীন সতর্কতামূলক ব্যবস্থাগুলি গ্রহণ করা হয়।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ধর্ম—ভৌত ধর্ম : ইহা তীব্র অ্যাসিড গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস, আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ধূমায়িত হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং শীতল করিলে −67°C তাপমাত্রায় বর্ণহীন তরলে পরিণত হয়। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই বেশি এবং উহার জলীয় দ্রবণকে পাতিত করিলে 47·5% হাইড্রোজেন ব্রোমাইডযুক্ত প্রমাণ চাপে 126°C সেন্টিগ্রেড স্ফুটনাঙ্কের এক স্থির স্ফুটনশীল মিশ্রণ পাওয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **বিয়োজন :** হাইড্রোজেন ব্রোমাইড হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অপেক্ষা কম সুস্থিত এবং 800° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা আংশিকভাবে উহার উপাদান মৌলে বিয়োজিত হয়। প্রখর সূর্যালোকেও ইহা সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়। $2HBr = H_2 + Br_2$

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম :** হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিড-ধর্মী এবং নীল লিটমাসকে লাল করে। অ্যাসিড হিসাবে ইহা ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও লবণ, ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল এবং ধাতব কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ, জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2K + 2HBr = H_2 + 2KBr\ ;\ ZnO + 2HBr = ZnBr_2 + H_2O$$

$$Na_2CO_3 + 2HBr = 2NaBr + H_2O + CO_2$$

(iii) **বিজারণ ধর্ম :** ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপেক্ষা অধিক বিজারণ ধর্ম প্রদর্শন করে, এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারাও জারিত হয়। $2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$;

$$2HBr + H_2O_2 = Br_2 + 2H_2O$$

এতদ্ব্যতীত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ন্যায় ইহাও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারাও জারিত হয়। সূর্যালোকের উপস্থিতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। $4HBr + O_2 = 2H_2O + 2Br_2$

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও ব্রোমাইডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা :

(i) HBr বা ধাতব ব্রোমাইডকে ঘন H_2SO_4 মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে লাল

রঙের ব্রোমিন বাষ্প নির্গত হয় যাহা স্টার্চ আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজকে নীল করে। (ii) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা ব্রোমাইড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে পীতাভ সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যাহা HNO_3 বা লঘু অ্যামোনিয়া দ্রবণে অদ্রাব্য কিন্তু লাইকার অ্যামোনিয়ায় দ্রাব্য। (iii) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা উহার ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে কয়েক মিলিলিটার কার্বন ডাই-সালফাইড যোগ করার পর Cl_2 জল মিশাইয়া ঝাঁকাইলে, Cl_2 দ্বারা প্রতিস্থাপিত Br_2 নির্গত হইয়া CS_2 স্তরকে লাল রঙে রঞ্জিত করে, কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ Cl_2 জল যোগ করিলে মুক্ত Br_2 আরও জারিত হইয়া ব্রোমিক অ্যাসিডে ($HBrO_3$) পরিণত হয় এবং CS_2 স্তরের লাল রঙ অদৃশ্য হইয়া উহা পুনরায় বর্ণহীন হইয়া উঠে।

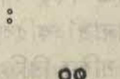
$$2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2 \; ; \; Br_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HBrO_3 + 10HCl$$

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সংযুতি ও আণবিক সঙ্কেত : সোডিয়াম পারদসংকর ব্যবহার করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের ক্ষেত্রে অনুসৃত পদ্ধতির অনুরূপ উপায়ে পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে উহার অর্ধায়তন হাইড্রোজেন আছে। সুতরাং উহার আণবিক সঙ্কেতকে $(HBr)_n$ রূপে প্রকাশ করা যায়। এখন যেহেতু হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 40·5, সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব 81।

অর্থাৎ $1 + 80 \times n = 81$, বা $n = 1$

অতএব, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত HBr

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন : HBr-এর আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন নিম্নরূপ :

H—Br 

হাইড্রোজেন আয়োডাইড বা হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড

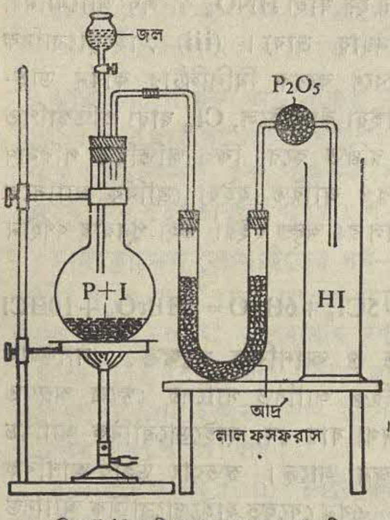
আণবিক সঙ্কেত HI ; আণবিক গুরুত্ব 128 ; বাষ্পীয় ঘনত্ব 64

কয়েকটি আগ্নেয়গিরির নিঃসৃত গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন আয়োডাইড উপস্থিত থাকে।

হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি :

(a) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী :** জলের উপস্থিতিতে লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে সাধারণত হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়। $P_4 + 6I_2 = 4PI_3$; $PI_3 + 3H_2O = 3HI + H_3PO_3$

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে প্রায় 20 গ্রাম আয়োডিন ও 4 গ্রাম লাল ফসফরাস লইয়া প্রথমে ভালোভাবে ঝাঁকাইয়া মিশ্রিত করা হয়। অতঃপর বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে বিন্দু বিন্দু আকারে প্রায় 15ml জল যোগ করা হয়। জল যোগ করিবার সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস নির্গত হইতে থাকে এবং উহাকে ভিজা লাল ফসফরাস ও কাচচূর্ণে পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া সহগামী আয়োডিন বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়। অতঃপর আয়োডিন বাষ্পমুক্ত মিশ্রণকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অথবা ফসফরাস পেণ্ট-অক্সাইডপূর্ণ বাল্‌বের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া জলীয় বাষ্পমুক্ত করিবার পর বায়ুর উর্ধ্বাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 7.18)।



চিত্র 7.18 পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রণালী

বিঃ দ্রঃ (i) HBr-এর ন্যায় HI-ও ঘন H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয় বলিয়া ধাতব আয়োডাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায় না। HI শক্তিশালী বিজারক বলিয়া H_2SO_4-কে বিজারিত করিয়া SO_2-এর সহিত কিছু সালফার এমনকি H_2S উৎপন্ন করে। (ii) একই কারণে HI গ্যাস অনার্দ্র করিবার জন্য ঘন H_2SO_4 ব্যবহার করা যায় না। (iii) HI মারকারির সহিত বিক্রিয়া করে বলিয়া উহাকে মারকারির নিম্নাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা সম্ভব নয়। (iv) বিকল্প পদ্ধতি হিসাবে ফ্লাস্কের মধ্যে KI যুক্ত জলে I_2-এর একটি গাঢ় দ্রবণ লইয়া উহার মধ্যে অল্প অল্প করিয়া সাদা ফসফরাস নিক্ষেপ করিলেও আরও সহজে HI গ্যাস উৎপন্ন হয়। (v) প্রস্তুতি-কালে উপাদানগুলির সঠিক অনুপাত রক্ষিত না হইলে ফসফিন (PH_3) গ্যাস উৎপন্ন হইয়া বায়ু সংস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটাইতে পারে।

(b) অন্যান্য প্রস্তুত প্রণালী : (i) সিরাপ-সদৃশ ফসফোরিক অ্যাসিডের সহিত ধাতব আয়োডাইড উত্তপ্ত করিলে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$KI + H_3PO_4 = KH_2PO_4 + HI$$

(ii) সংশ্লেষণ পদ্ধতি : হাইড্রোজেন গ্যাস ও আয়োডিন বাষ্পের মিশ্রণকে তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে উভমুখী বিক্রিয়ায় চালিত গ্যাস বাষ্প মিশ্রণের একাংশ সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইডে পরিণত হয়।
$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

(iii) আয়োডিন ও রজনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়াও হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

(iv) জলে প্রলম্বিত অবস্থায় আয়োডিন রাখিয়া উহার মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করিলে আয়োডিন সালফারকে প্রতিস্থাপিত করিয়া হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে। ফিল্টার করিয়া অধঃক্ষিপ্ত সালফারকে পৃথক করিলে পরিস্রুত হিসাবে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত প্রণালী : পরীক্ষাগারে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাসকে জলে দ্রবীভূত করিয়া হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে, গ্যাসটির অত্যধিক দ্রাব্যতাহেতু হাইড্রোক্লোরিক অথবা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতিকালে গৃহীত ব্যবস্থাবলীর অনুরূপ ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়।

হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম : হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গ্যাস বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী, বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস, যাহাকে শীতল করিয়া হাইড্রোব্রোমিক বা হাইডোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস অপেক্ষা বেশি সহজে $-35{\cdot}4°$ সেন্টিগ্রেডে বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায়। ইহা জলে খুব বেশি দ্রাব্য এবং আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে প্রচুর ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। হাইড্রোক্লোরিক অথবা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের মত ইহার জলীয় দ্রবণ পাতনকালেও 57% হাইড্রোজেন আয়োডাইডযুক্ত, প্রমাণ চাপে 126°C স্ফুটনাঙ্কের এক স্থির স্ফুটনশীল মিশ্রণ (constant boiling mixture) পাওয়া যায়। জলীয় দ্রবণকে খুব বেশি শীতল করিলে $HI, 2H_2O$ (স্ফুটনাঙ্ক $-43°C$); $HI, 3H_2O$ (স্ফুটনাঙ্ক $-48°C$) এবং $HI, 4H_2O$ (স্ফুটনাঙ্ক $-36{\cdot}5°C$) সংযুতির সোদক কেলাস উৎপন্ন হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : বিয়োজন : হাইড্রোজেন আয়োডাইড সূর্যালোকে সালোক-রাসায়নিক-বিয়োজন (photochemical decomposition) প্রক্রিয়ায় (10 দিনে প্রায় 60% এবং এক বছরে 99%) বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন ও আয়োডিন উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত করিলে 180°C-এর ঊর্ধ্বে উভমুখী বিক্রিয়ায় তাপ বিয়োজন শুরু হয় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত বিয়োজনের পরিমাণ বাড়ে।

$$2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$$

(444°C-এ 22% এবং 1022°C-এ 32·9%) বিয়োজন বিক্রিয়ার ফলে আয়োডিন কঠিন অবস্থায় উৎপন্ন হইলে বিক্রিয়াটি তাপমোচী, কিন্তু বাষ্পাকারে নির্গত হইলে তাপশোষক; $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2 - 2{\cdot}9$ Kcal. সেইজন্য উচ্চতর তাপমাত্রায় যখন I_2 বাষ্পাকারে নির্গত হয়, তখন তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত বিয়োজনের পরিমাণ বৃদ্ধি লা সাটেলিয়ারের নীতির সহিত সঙ্গতিপূর্ণ।

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম :** ইহা জলে খুব বেশি দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী। ইহা ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডাইড লবণ ও জল উৎপন্ন করে এবং অ্যাসিডের অন্যান্য বিক্রিয়ায় যথারীতি সাড়া দেয়।

$$KOH + HI = KI + H_2O \;;\; Zn + 2HI = ZnI_2 + H_2$$
$$K_2CO_3 + 2HI = 2KI + H_2O + CO_2$$

(iii) **বিজারণ ধর্ম ঃ** হাইড্রোজেন আয়োডাইড খুব সহজেই জারিত হয়। শুষ্ক অবস্থায় অক্সিজেনের সহিত ইহার মিশ্রণ সূর্যালোকে বিক্রিয়া করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে। $4HI + O_2 = 2I_2 + 2H_2O$

4 আয়তন হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও 1 আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণ জ্বালাইয়া দিলে লাল শিখা বিস্তার করিয়া জ্বলিতে থাকে এবং অক্সিজেন পরিমণ্ডলে জেট-নিঃসৃত হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস অ্যামোনিয়ার মতই প্রজ্বলিত করা যায়। হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের সদ্য প্রস্তুত জলীয় দ্রবণ বর্ণহীন হইলেও, শীঘ্রই উহা জারিত হইয়া বাদামী বর্ণ ধারণ করে। শক্তিশালী বিজারক হিসাবে 1·5 আপেক্ষিক গুরুত্ববিশিষ্ট হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের দ্রবণ একটি বহুল ব্যবহৃত বিকারক। সমস্ত প্রচলিত জারক দ্রব্যকে বিজারিত করিয়া ইহা নিজে আয়োডিনে জারিত হয়। ইহা ফেরিক ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইডে, ক্লোরিন ও ব্রোমিনকে যথাক্রমে হাইড্রোক্লোরিক ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে জলে, ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে, কপার সালফেটকে কিউপ্রাস আয়োডাইডে এবং নাইট্রাস অ্যাসিডকে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত করে।

$2FeCl_3 + 2HI = 2FeCl_2 + I_2 + 2HCl$; $2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$

$2HI + Br_2 = 2HBr + I_2$; $2HI + H_2O_2 = 2H_2O + I_2$

$2HNO_3 + 2HI = 2H_2O + 2NO_2 + I_2$

$2CuSO_4 + 4HI = 2CuI + 2H_2SO_4 + I_2$

$2HNO_2 + 2HI = 2H_2O + 2NO + I_2$

ইহা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত কিছু সালফার এমনকি হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন করে।

$H_2SO_4 + 2HI = I_2 + 2H_2O + SO_3$

$H_2SO_4 + 6HI = 3I_2 + 4H_2O + S$

$H_2SO + 8HI = 4I_2 + 4H_2O + H_2S$

ব্যবহার ঃ পরীক্ষাগারে বিজারক হিসাবে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। কয়েক প্রকার আয়োডিনঘটিত ঔষধ ও জৈব যৌগ প্রস্তুতিতেও ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড আয়োডাইডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা ঃ

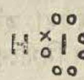
(i) হাইড্রো-আয়োডিক অথবা আয়োডাইড লবণকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে বেগুনী রঙের আয়োডিন বাষ্প নির্গত হয় এবং উহার সংস্পর্শে স্টার্চ দ্রবণ সিক্ত কাগজ ধরিলে উহা নীল রঙে রঞ্জিত হয়। (ii) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড অথবা আয়োডাইড লবণে সিলভার নাইট্রেট লবণ যোগ করিলে হলুদবর্ণ সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় যাহা নাইট্রিক

অ্যাসিড এবং লাইকার অ্যামোনিয়া উভয় বিকারকেই অদ্রাব্য। (iii) হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড অথবা আয়োডাইড লবণের জলীয় দ্রবণে অল্প কার্বন ডাই-সালফাইড যোগ করিবার পর ক্লোরিন জল মিশাইয়া ঝাঁকাইলে ক্লোরিন আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করিবে এবং মুক্ত আয়োডিন কার্বন ডাই-সালফাইড স্তরে দ্রবীভূত হইয়া স্তরটিকে বেগুনী করিয়া তুলিবে। কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ ক্লোরিন জল মিশাইলে মুক্ত আয়োডিন ক্লোরিন দ্বারা আরও জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিড এবং আয়োডিন মনোক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-সালফাইড স্তর পুনরায় বর্ণহীন হইয়া উঠে।

$$AgNO_3 + HI = AgI + HNO_3\ ;\ 2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$$
$$I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl\ ;\ Cl_2 + I_2 = 2ICl$$

হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সংযুতি ও আণবিক সঙ্কেত: সোডিয়াম পারদ-সংকর ব্যবহার করিয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড গ্যাসের ক্ষেত্রে অনুসৃত পদ্ধতির অনুরূপ উপায়ে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গ্যাসের সংযুতি নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে উহার অর্ধায়তন হাইড্রোজেন উপস্থিত থাকে এবং উহার আণবিক সঙ্কেত HI।

হাইড্রোজেন আয়োডাইডের আণবিক ও ইলেকট্রনীয় গঠন: HI-এর আণবিক গঠন ও ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

H—I 

ফ্লোরাইড, ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের পার্থক্য

পরীক্ষা	ফ্লোরাইড	ক্লোরাইড	ব্রোমাইড	আয়োডাইড
1. কঠিন হ্যালাইড + ঘন H_2SO_4 + উত্তাপ	নির্গত গ্যাস জলবিন্দু অস্বচ্ছ করে ও কাচ খোদাই করে।	নির্গত ধূমায়মান গ্যাস NH_3 সংস্পর্শে ঘন সাদা ধূম উৎপন্ন করে।	বাদামী লাল ব্রোমিন বাষ্প নির্গত হয়।	বেগুনী আয়োডিন বাষ্প নির্গত হয়।
2. হ্যালাইড দ্রবণ + $AgNO_3$ দ্রবণ	অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় না।	সাদা অধঃক্ষেপ, HNO_3-তে অদ্রাব্য কিন্তু লঘু NH_4OH-তে দ্রাব্য।	পীতাভ সাদা অধঃক্ষেপ, HNO_3-তে অদ্রাব্য কিন্তু গাঢ় NH_4OH-তে দ্রাব্য	হলুদ অধঃক্ষেপ, HNO_3 এবং গাঢ় NH_4OH-তে অদ্রাব্য।
3. হ্যালাইড দ্রবণ + Cl_2 দ্রবণ + CS_2	CS_2 স্তর রঙীন হয় না।	CS_2 স্তর রঙীন হয় না।	CS_2 স্তর লাল হয়।	CS_2 স্তর বেগুনী হয়।
4. হ্যালাইড দ্রবণ + Cl_2 জল + স্টার্চ দ্রবণ	কোনও রঙ উৎপন্ন হয় না।	কোনও রঙ উৎপন্ন হয় না।	যৎসামান্য লাল রঙ, যাহা প্রায় দৃষ্টিগ্রাহ্য নয়।	দ্রবণ ঘন নীল হইয়া উঠে।

হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলির ধর্মের তুলনা :

	HF	HCl	HBr	HI
ভৌত অবস্থা	তরল	গ্যাস	গ্যাস	গ্যাস
বর্ণ	বর্ণহীন	বর্ণহীন	বর্ণহীন	বর্ণহীন
স্ফুটনাঙ্ক	19·4°C	−85°C	−66·7°C	−35·4°C
দ্রাব্যতা (0°C-এ গ্রাম/লিটার)	∞	823	2212	2483
স্থির স্ফুটনশীল দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক ও শতকরা মাত্রা	120°C 36%	110°C 20·2%	126°C 47·5%	126°C 57%
তাপ বিয়োজন	হয় না	1500°C-এর উর্ধ্বে	800°C-এর উর্ধ্বে	180°C-এর উর্ধ্বে
অ্যাসিড ধর্ম	মৃদু অ্যাসিড	তীব্র অ্যাসিড	তীব্র অ্যাসিড	তীব্র অ্যাসিড
বিজারণ ধর্ম	নাই	শক্তিশালী জারক দ্বারা জারিত হয়	উত্তম বিজারক, HCl অপেক্ষা সহজে জারিত হয়	তীব্র বিজারক

উপরি-উক্ত তালিকা হইতে দেখা যায় যে, হ্যালোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে **HF** ব্যতীত উহাদের অন্যান্য হাইড্রাইডদের ক্ষেত্রে বিভিন্ন ভৌতধর্মে এবং রাসায়নিক ধর্মে একটি সুস্পষ্ট ক্রম রহিয়াছে। কিন্তু **HF**-এর ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন বন্ধনের উপস্থিতির জন্য অণুগুলি জোটবদ্ধ হইয়া থাকে এবং স্ফুটনাঙ্ক **HCl**-এর স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা কম না হইয়া বেশি হয়। আবার **HF**-এর অধিকাংশ হাইড্রোজেন হাইড্রোজেনবন্ধন নির্মাণে নিযুক্ত থাকে বলিয়া জলীয় দ্রবণে **HF** হইতে খুব কম সংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন পাওয়া যায় এবং **HF**-এর জলীয় দ্রবণ মৃদু অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে।

অবশ্য চারটি হ্যালোজেনের হাইড্রাইডই বর্ণহীন এবং আর্দ্র বায়ু সংস্পর্শে ধূমায়মান গ্যাস অথবা (**HF**-এর ক্ষেত্রে) তরল। এ বিষয়ে উহাদের মধ্যে সাদৃশ্য রহিয়াছে। আবার সুস্থিতি বা বিজারণ ধর্মের বিচারেও চারটি হ্যালোজেন হাইড্রাইডের ধর্মে সুস্পষ্ট ক্রম পরিলক্ষিত হয়। হ্যালোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে উহাদের হাইড্রাইডদের সুস্থিতি কমে এবং হাইড্রাইডগুলি অধিকতর সহজে তাপ বিয়োজিত হয়। অনুরূপভাবে হ্যালোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে উহাদের হাইড্রাইডদের বিজারণ ধর্ম বিকশিত হইতে থাকে এবং **HF**-এর কোনও বিজারণ ধর্ম না থাকিলেও, **HCl** মৃদু বিজারক, **HBr** উত্তম বিজারক এবং **HI** তীব্র বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলির লবণের দ্রাব্যতা বিচারের প্রশ্নেও ফ্লোরাইড অনেকাংশে ব্যতিক্রম। অন্যান্য হ্যালোজেনের ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট সিলভার-হ্যালাইড-গুলি জলে অদ্রাব্য এবং হ্যালোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে উহাদের দ্রাব্যতা ক্রমশ কমিয়া যায়। যেমন **AgCl** লঘু NH_4OH-এ এবং **AgBr** গাঢ় NH_4OH-এ দ্রবণীয়, কিন্তু **AgI** গাঢ় NH_4OH দ্রবণেও দ্রবণীয় নয়। অপরদিকে **AgF** জলে দ্রাব্য অথচ CaF_2 দ্রাব্য নয়।

সার-সংক্ষেপ

পর্যায় সারণীতে সপ্তম শ্রেণীর B উপশ্রেণীভুক্ত মৌলগুলি—ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন, একত্রিতভাবে 'হ্যালোজেন' নামে পরিচিত। রাসায়নিক ধর্মে ইহাদের মধ্যে নিবিড় সম্পর্ক আছে।

(1) এই মৌলগুলির প্রত্যেকের পরমাণুতে সর্ববহিঃস্থ কক্ষে সাতটি করিয়া ইলেকট্রন থাকে এবং সহজেই একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ইহারা একক তড়িদা-ধানযুক্ত ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হইতে পারে। ফ্লোরিন ব্যতীত অন্য মৌলগুলি পরিবর্তনশীল ধনাত্মক যোজ্যতাও প্রদর্শন করে। (2) ইহাদের প্রত্যেকের অণুই দ্বিপরমাণুক। (3) পরমাণবিক ক্রমাঙ্ক বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে হ্যালোজেনগুলির সক্রিয়তা কমে। সক্রিয়তার হিসাবে $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$। (4) ফ্লোরিন ব্যতীত অন্যান্য হ্যালোজেন জলের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোহ্যালিক ও হাইপোহ্যালাস অ্যাসিডে এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় হ্যালাইড ও হাইপোহ্যালাইট লবণে পরিণত হয়। ফ্লোরিন জলের সহিত বিক্রিয়ায় O_2 এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় F_2O উৎপন্ন করে। (5) ইহারা শক্তিশালী জারক পদার্থ হিসাবে বিভিন্ন অধাতু ও ধাতুর সহিত যুক্ত হয়। ফ্লোরিন সর্বাধিক মৌলের সহিত সর্বাপেক্ষা তীব্রভাবে এবং আয়োডিন সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক মৌলের সহিত সর্বাপেক্ষা মৃদুভাবে বিক্রিয়া করে। (6) ক্লোরিনের উত্তম ও ব্রোমিনের মৃদু বিরঞ্জন ধর্ম আছে। (7) ইহাদের প্রত্যেকের একাধিক অক্সাইড এবং ফ্লোরিন ব্যতীত অন্যান্য হ্যালোজেনের একাধিক অক্সি-অ্যাসিড আছে।

ফ্লোরিন

সর্বাধিক সক্রিয় মৌল বলিয়া ফ্লোরিনকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার দ্বারা প্রস্তুত করা সম্ভব নয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণই ফ্লোরিন প্রস্তুতির একমাত্র কার্যকর পদ্ধতি। কিন্তু HF-এর কুপরিবাহিতা, F_2 ও HF-এর বিষক্রিয়া, পরীক্ষাপাত্রের সহিত ফ্লোরিনের বিক্রিয়া, ইত্যাদি কারণ ফ্লোরিন প্রস্তুতির পথে অন্তরায় সৃষ্টি করিয়াছিল।

প্রস্তুতি ঃ ময়সাঁ সর্বপ্রথম প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম সংকর ধাতু-নির্মিত পরীক্ষা-পাত্রে $-23°C$ তাপমাত্রায় তরল অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত KHF_2 দ্রবণকে একই সংকর ধাতু-নির্মিত তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া ফ্লোরিন প্রস্তুত করেন। আধুনিক পদ্ধতিতে ফ্লোরিন প্রস্তুতির জন্য কপার নির্মিত V-আকৃতির নলে, গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে গলিত ফ্রেমির লবণ (KHF_2) তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়।

বিক্রিয়া ঃ $KHF_2 = KF + HF$; $KF \rightleftharpoons K^+ + F^-$

ক্যাথোডে ঃ $\overset{+}{K} + e = K$; $2K + 2HF = 2KF + H_2$

অ্যানোডে ঃ $2\overset{-}{F} = F_2 + 2e$

ধর্ম : হালকা সবুজাভ হলুদ ঝাঁঝালো গ্যাস। রাসায়নিকভাবে ফ্লোরিন সর্বাপেক্ষা সক্রিয় মৌল। ইহা প্রায় সব ধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হয়। Na, K, Ca, Mg বা Sb চূর্ণ ইহার সংস্পর্শে জলিয়া উঠে।

$2Na+F_2=2NaF$; $Ca+F_2=CaF_2$

Cu ও Au লোহিততপ্ত উষ্ণতায় এবং Pt 500-600°C উষ্ণতায় ফ্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়।

ইহা O_2, N_2 এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি ব্যতীত অন্যান্য অধাতুর সহিতও সরাসরি যুক্ত হয়। $S+3F_2=SF_6$; $P_4+10F_2=4PF_5$; $P_4+6F_2=4PF_3$

$2B+3F_2=2BF_3$; $Si+2F_2=SiF_4$; $C+2F_2=CF_4$

ফ্লোরিন জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ওজোনমিশ্রিত অক্সিজেন ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফ্লোরিন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে।

$2F_2+2H_2O=O_2+4HF$; $3F_2+3H_2O=O_3+6HF$

$2NaOH+2F_2=2NaF+H_2O+F_2O$

ইহা অন্যান্য হ্যালোজেনকে তাহাদের যৌগ হইতে প্রতিস্থাপন করে। $2HX+F_2=2HF+X_2$। প্রতিস্থাপিত হ্যালোজেন Br_2 বা I_2 হইলে F_2-এর সহিত যুক্ত হয়। $Br_2+3F_2=2BrF_3$; $I_2+5F_2=2IF_5$

ক্লোরিন

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে গাঢ় HCl ও MnO_2 চূর্ণ মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়। $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$

গাঢ় HCl-এর পরিবর্তে NaCl ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রণকেও অনেক সময় MnO_2-এর সহিত উত্তপ্ত করা হয়।

$2NaCl+MnO_2+3H_2SO_4=2NaHSO_4+MnSO_4+Cl_4+2H_2O$

সাধারণ তাপমাত্রায় : গাঢ় HCl-এর সহিত $KMnO_4$ কেলাসের বিক্রিয়ায় সাধারণ তাপমাত্রাতেই ক্লোরিন উৎপন্ন হয়।

$2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+8H_2O+5Cl_2$

শিল্পোৎপাদন : গলিত NaCl তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া Na অথবা গলিত $MgCl_2$ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া Mg নিষ্কাশণকালে অথবা NaCl-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া NaOH উৎপাদনের সময় ক্যাথোডে প্রচুর পরিমাণ Cl_2 উৎপন্ন হয়।

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $2Cl^- \rightarrow Cl_2+2e$

ধর্ম : ক্লোরিন সবুজাভ হলুদ ঝাঁঝালো বর্ণ গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা দাহ্য নহে কিন্তু দহনের সহায়ক। Na, Cu, Zn, Fe, Sb, As, P ইত্যাদি ধাতু ও অধাতু চূর্ণাবস্থায় ইহার সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া উঠে। $2Na+Cl_2=2NaCl$;

$Zn+Cl_2=ZnCl_2$; $2Sb+5Cl_2=2SbCl_5$; $2As+3Cl_2=2AsCl_3$

$P_4+10Cl_2=4PCl_5$; $P_4+6Cl_2=4PCl_3$

ইহা O_2, N_2, C এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি ব্যতীত অন্যান্য অধাতু এবং সকল প্রকার ধাতুর সহিত বিভিন্ন অবস্থায় সরাসরি যুক্ত হয়।

ইহা শক্তিশালী জারক দ্রব্য। গ্যাসীয় অবস্থায় বা জলীয় দ্রবণে ইহা জারণ ধর্ম প্রদর্শন করে। $H_2S+Cl_2=2HCl+S$

NH_3+3Cl_2 (অতিরিক্ত) $=NCl_3+3HCl$

$8NH_3$ (অতিরিক্ত) $+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl$

$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$; $SnCl_2+Cl_2=SnCl_4$

$Cl_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HCl$

ব্রোমাইড অথবা আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ হইতে ইহা যথাক্রমে Br_2 বা I_2 মুক্ত করে কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণে চালিত হইলে মুক্তিপ্রাপ্ত হ্যালোজেন আরো জারিত হইয়া হ্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$2KX+Cl_2=2KCl+X_2$; $5Cl_2+X_2+6H_2O=2HXO_3+10HCl$

(যেখানে X = Br বা I)

জলীয় দ্রবণে Cl_2 উভমুখী বিক্রিয়ায় সামান্য আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

$Cl_2+H_2O \rightleftharpoons HCl+HOCl$

কিন্তু ক্ষারীয় দ্রবণে চালিত হইলে ইহা সম্পূর্ণভাবে ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইটে (শীতল ও লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে) অথবা ক্লোরাইড ও ক্লোরেটে (উষ্ণ ও গাঢ় দ্রবণের ক্ষেত্রে) পরিণত হয়।

$2NaOH$ (শীতল ও লঘু) $+Cl_2=NaCl+NaOCl+H_2O$

$3Cl_2+6NaOH$ (উষ্ণ ও গাঢ়) $=NaClO_3+5NaCl+3H_2O$

ক্লোরিনের সহিত শুষ্ক ফোটানো চুনের বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়।

$CaO+Cl_2=Ca(OCl)Cl$

ব্রোমিন

প্রস্তুতি: পরীক্ষাগারে KI (বা NaI), MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়।

$2KBr+MnO_2+3H_2SO_4=MnSO_4+2KHSO_4+Br_2+2H_2O$

শিল্পোৎপাদন: কার্নেলাইট হইতে KCl নিষ্কাশনের পর বিটার্ন নামে পরিচিত অবশিষ্ট দ্রবণের মধ্যে এবং সমুদ্রের জলেও ব্রোমাইড লবণ উপস্থিত থাকে এবং তরলের মধ্যে Cl_2 চালনা করিলে Br_2 মুক্তিলাভ করে। মুক্তিপ্রাপ্ত ব্রোমিনকে প্রথম ক্ষেত্রে স্টীম চালনা করিয়া ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বায়ুস্রোতের সাহায্যে বাষ্পাকারে নিষ্কাশন করা হয়। $MgBr_2+Cl_2=MgCl_2+Br_2$

ধর্ম: ইহা ঘন লালবর্ণ তরল। জলে ইহার দ্রাব্যতা Cl_2 অপেক্ষা কম কিন্তু CCl_4, $CHCl_3$, CS_2 ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে ইহা অধিক মাত্রায় দ্রবীভূত হয়।

ইহা দাহ্য নহে এবং সাধারণ অর্থে দহন সহায়কও নহে। কিন্তু K, P_4 বা As চূর্ণ ব্রোমিন সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে।

$2K+Br_2=2KBr$; $2As+3Br_2=2AsBr_3$; $P_4+10Br_2=4PBr_5$; $P_4+6Br_2=4PBr_3$

ব্রোমিন বাষ্পে উত্তপ্ত করিলে বহু ধাতু এবং H_2 (বিশেষত Pt অনুঘটকের উপস্থিতিতে) উহার সহিত সরাসরি যুক্ত হয়।

Cl_2 অপেক্ষা Br_2-এর আর্দ্র বিশ্লেষণের মাত্রা কম। তবু জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণ HBr ও HOBr উপস্থিত থাকে। ক্ষারের সহিত ইহাও Cl_2-এর মতন বিক্রিয়া করে। $Br_2+2NaOH$ (শীতল ও লঘু) $=NaBr+NaOBr$; $3Br_2+6NaOH$ (গাঢ় ও উষ্ণ) $=5NaBr+NaBrO_3+3H_2O$

Cl_2 হইতে কম হইলেও জারণ ক্ষমতা আছে।

$H_2SO_3+Br_2+H_2O=2HBr+H_2SO_4$; $2KI+Br_2=I_2+2KBr$;
$H_3AsO_3+Br_2+H_2O=H_3AsO_4+2HBr$; $H_2S+Br_2=S+2HBr$;
$8NH_3+3Br_2=N_2+6NH_4Br$; $HCOOH+Br_2=2HBr+CO_2$

অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া Br_2 যুতযৌগ গঠন করে।

$$CH_2=CH_2+Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH_2Br$$

আয়োডিন

প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে KI, MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া I_2 প্রস্তুত করা হয়। বেগুনী বাষ্পরূপে উৎপন্ন I_2 বাষ্পকে শীতল করিলে, কঠিন I_2-এর উজ্জ্বল কালো কেলাস পাওয়া যায়।

$$2KI+MnO_2+3H_2SO_4=2KHSO_4+MnSO_4+I_2+2H_2O$$

শিল্পোৎপাদন : সামুদ্রিক উদ্ভিদ পুড়াইয়া প্রাপ্ত কেল্পের মধ্যে আয়োডিন লবণ থাকে। কেল্পকে দ্রাবিত করিয়া প্রাপ্ত দ্রবণকে গাঢ় করিলে NaCl Na_2SO_4, KCl ইত্যাদি কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়। অবশিষ্ট দ্রবণকে MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া পাতিত করিলে I_2 ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া বাহির হয়।

$$2NaI+MnO_2+3H_2SO_4=2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O+I_2$$

ধর্ম : ইহা ধাতব ঔজ্জ্বল্যযুক্ত গাঢ় ধূসরবর্ণের কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। উত্তপ্ত করিলে ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হয়। ইহার জলে দ্রাব্যতা Br_2 অপেক্ষাও কম। ইহা বহু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। ইহার অ্যালকোহল বা ইথার দ্রবণ বাদামী কিন্তু CS_2 বা $CHCl_3$ দ্রবণ বেগুনী। জলে KI উপস্থিত থাকিলে ইহার দ্রাব্যতা অস্থিত KI_3 যৌগের উৎপত্তির জন্য অনেক বাড়িয়া যায়। $KI+I_2 \rightleftharpoons KI_3$

ইহা অন্যান্য হ্যালোজেনের তুলনায় সর্বাপেক্ষা কম সক্রিয়। ইহা দাহ্য বা দহন সহায়ক নহে। কিন্তু K, Sb চূর্ণ, সাদা P_4 ইত্যাদি কতগুলি ধাতু ও অধাতু ইহার সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে।

$2K+I_2=2KI$; $2Sb+3I_2=2SbI_3$, $P_4+6I_2=4PI_3$

I_2 অন্যান্য হ্যালোজেনের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া IF_5, ICl_3, ICl, IBr ইত্যাদি যৌগ উৎপন্ন করিতে পারে।

$I_2+5F_2=2IF_5$; $I_2+3Cl_2=2ICl_3$; $I_2+Br_2=2IBr$

কেবলমাত্র উচ্চতর তাপমাত্রায় ও Pt অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইহা H_2-এর সহিত যুক্ত হয়। $H_2+I_2 \overset{Pt}{\rightleftharpoons} 2HI$

ক্ষারের সহিত ইহা Cl_2 বা বা Br_2-এর মতই বিক্রিয়া করে।

$$I_2+2NaOH \text{ (লঘু ও শীতল)} = NaI+NaOI+H_2O$$
$$3I_2+6NaOH \text{ (উষ্ণ ও গাঢ়)} = 5NaI+NaIO_3+3H_2O$$

ইহার মৃদু জারণ ধর্ম আছে। $H_2S+I_2=2HI+S$

$$I_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$$
$$Na_3AsO_3+I_2+H_2O=Na_3AsO_4+2HI$$
$$SnCl_2+I_2+2HCl=SnCl_4+2HI$$

ইহা $Na_2S_2O_3$-কে $Na_2S_4O_6$-এ রূপান্তরিত করে।

$$2Na_2S_2O_3+I_2=2NaI+Na_2S_4O_6$$

আয়োডিন বিজারণ বিক্রিয়াও প্রদর্শন করিতে পারে।

$$I_2+2HClO_3=Cl_2+2HIO_3$$
$$3I_2+10HNO_3=6HIO_3+10NO+2H_2O$$

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড

প্রস্তুতি ঃ সিলিকামুক্ত ফ্লুয়োরস্পারচূর্ণ এবং 90% H_2SO_4 মিশ্রণকে পাতিত করিয়া HF প্রস্তুত করা হয়। $CaF_2+H_2SO_4=CaSO_4+2HF$

উৎপন্ন HF-কে তীব্রভাবে শীতলীকৃত ইস্পাত, কপার বা লেড-নির্মিত গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয় অথবা উহাকে জলপূর্ণ লেড গ্রাহকপাত্রে চালিত করিয়া 40% জলীয় দ্রবণে পরিণত করা হয়।

প্লাটিনাম বক্‌যন্ত্রে শুধু ফ্রেমির লবণ উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ, অনার্দ্র HF পাওয়া যায়। $KHF_2=KF+HF$

ধর্ম ঃ ইহা বর্ণহীন, অত্যন্ত উদ্বায়ী তরল (স্ফুটনাঙ্ক 19·4°C) বা গ্যাস। হাইড্রোজেন বন্ধনের উপস্থিতির জন্য ইহা HCl অপেক্ষা কম উদ্বায়ী এবং দুর্বল অ্যাসিড।

ইহা Pb, Hg এবং বরধাতুগুলি ব্যতীত অধিকাংশ ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া H_2 উৎপন্ন করে। $Zn+2HF=ZnF_2+H_2$

কতগুলি ধাতব ফ্লোরাইড HF-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া অ্যাসিড ফ্লোরাইড গঠন করে। $KF+HF=KHF_2$

HF কাচ বা পোর্সেলিনের মধ্যে উপস্থিত SiO_2-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া অনার্দ্র অবস্থায় SiF_4 এবং আর্দ্র অবস্থায় H_2SiF_6 উৎপন্ন করে।

$$SiO_2+4HF=SiF_4+2H_2O$$
$$SiF_4+2HF=H_2SiF_6$$

এইজন্য ইহাকে কাচ-খোদাইয়ের কার্যে ব্যবহার করা হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

প্রস্তুতি : সাধারণত NaCl এবং গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রণকে মৃদু উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে HCl প্রস্তুত করা হয়। উৎপন্ন HCl-কে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় অথবা জলপূর্ণ পাত্রে চালিত করিয়া দ্রবণ পরিণত করা হয়। $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$

NaOH-এর শিল্পোৎপাদন কালে প্রচুর পরিমাণ H_2 ও Cl_2 উপজাত পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায়। এই উপজাত H_2 ও Cl_2-এর সরাসরি সংযোগ দ্বারা HCl-এর শিল্পোৎপাদন করা হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

ধর্ম : ইহা বর্ণহীন ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। অনার্দ্র অবস্থায় অনায়নিত থাকে এবং তড়িতের কুপরিবাহী হইলেও জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত হইয়া তড়িৎ পরিবহণ করে।

ইহা দাহ্য নহে, দহনের সহায়কও নহে। কিন্তু জ্বলন্ত Na এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলিয়া H_2 মুক্ত করে। $2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$

HCl-এর জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিড। ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে এবং কার্বনেট, সালফাইট ও সালফাইড লবণের সহিত যথাক্রমে CO_2, SO_2 ও H_2S মুক্ত করে।

$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$; $KOH + HCl = KCl + H_2O$

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$; $FeS + 2HCl = H_2S + FeCl_2$

$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + SO_2 + H_2O$

ইহা MnO_2, PbO_2, $K_2Cr_2O_7$ ইত্যাদি দ্বারা উত্তপ্ত অবস্থায় এবং $KMnO_4$ বা Ca(OCl)Cl দ্বারা সাধারণ উষ্ণতাতেই জারিত হইয়া Cl_2 উৎপন্ন করে। $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$

$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$

$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড

প্রস্তুতি : জলের উপস্থিতিতে লাল ফসফরাস ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় সাধারণত পরীক্ষাগারে HBr প্রস্তুত করা হয়। $P_4 + 6Br_2 = 4PBr_3$

$P_4 + 10Br_2 = 4PBr_5$; $PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr$

$PBr_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HBr$

HCl প্রস্তুত পদ্ধতির অনুসরণে NaBr ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিয়া HBr প্রস্তুত করা যায় না, কারণ HBr-এর প্রবলতর বিজারণ ধর্ম থাকায় ইহা গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা জারিত হইয়া Br_2-তে পরিণত হয়।

$H_2SO_4 + 2HBr = 2H_2O + SO_2 + Br_2$

ধর্ম : ইহা তীব্র অ্যাসিড গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস, যাহা জলে দ্রবীভূত হইয়া তীব্র অ্যাসিড উৎপন্ন করে। অ্যাসিড হিসাবে ইহা ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় H_2 ও লবণ, ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় জল ও লবণ এবং কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়ায় CO_2, H_2O ও লবণ উৎপন্ন করে। $2K + 2HBr = H_2 + 2KBr$

$ZnO + 2HBr = ZnBr_2 + H_2O$; $Na_2CO_3 + 2HBr = 2NaBr + CO_2 + H_2O$

ইহার বিজারণ ক্ষমতা HCl অপেক্ষাও অধিক। ইহা গাঢ় H_2SO_4 বা H_2O_2 দ্বারাও জারিত হয়। $2HBr + H_2O_2 = Br_2 + 2H_2O$

হাইড্রোজেন আয়োডাইড

প্রস্তুতি : HBr প্রস্তুতির অনুরূপ পদ্ধতিতে লাল ফসফরাস ও আয়োডিন মিশ্রণের মধ্যে ধীরে ধীরে জল যোগ করিয়া পরীক্ষাগারে HI প্রস্তুত করা হয়।

$P_4 + 6I_2 = 4PI_3$; $PI_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HI$

HBr-এর মত HI ও গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয় বলিয়া HCl প্রস্তুতির অনুরূপ পদ্ধতি ব্যবহার করা যায় না।

ধর্ম : HI বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। জলে দ্রবীভূত হইয়া তীব্র অ্যাসিড উৎপন্ন করে। HCl বা HBr-এর মত ইহাও ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও H_2, ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ ও জল এবং Na_2CO_3-এর সহিত বিক্রিয়ায় লবণ, CO_2 ও জল উৎপন্ন করে।

$KOH + HI = KI + H_2O$; $Zn + 2HI = ZnI_2 + H_2$

$K_2CO_3 + 2HI = 2KI + CO_2 + H_2O$

উত্তাপ প্রয়োগ করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া H_2 ও I_2 বাষ্পে পরিণত হয়।

$$2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$$

ইহার শক্তিশালী বিজারণ ধর্ম আছে।

$2FeCl_3 + 2HI = 2FeCl_2 + I_2 + 2HCl$; $2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$

$2HI + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2 + I_2$; $2HI + H_2O_2 = 2H_2O + I_2$

$2CuSO_4 + 4HI = 2CuI + 2H_2SO_4 + I_2$

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. হ্যালোজেন কথাটির অর্থ কি? ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনকে হ্যালোজেন বলা হয় কেন? পরীক্ষাগারে HCl মুক্ত Cl_2 গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করিবে? [Tripura, 1981, '83, '85] ইহার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কি কি উদ্দেশ্যে ইহা ব্যবহৃত হয়? ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা সম্বন্ধে কি জান?

2. কি শর্তে ক্লোরিন নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সঙ্গে বিক্রিয়া করে। প্রত্যেক ক্ষেত্রের সমীকরণ দাও।

(a) পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড, (b) ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, (c) হাইড্রোজেন সালফাইড, (d) কার্বন মনোক্সাইড, (e) অ্যামোনিয়া হাইড্রক্সাইড, (f) হাইড্রোজেন, (g) শ্বেত ফসফরাস, (h) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ, (i) লিটমাস দ্রবণ, (j) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, (k) ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণ, (l) Cl_2-এর অস্তিত্ব কিভাবে সনাক্ত করা হয় ?

3. ব্রোমিনের উৎস কি ? রাসায়নাগারে কিভাবে ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয় ? ব্রোমিনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ইহার কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।

4. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি ব্রোমিনের সহিত কি শর্ত বিক্রিয়া করে তাহা সমীকরণসহ লিখ :

(a) সোডিয়াম, (b) পটাসিয়াম, (c) ফসফরাস, (d) হাইড্রোজেন, (e) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ।

5. আয়োডিনের উৎস কি ? পরীক্ষাগারে কিভাবে আয়োডিন প্রস্তুত করা হয় ? [Tripura, 1983] আয়োডিনের ভৌত ধর্ম, রাসায়নিক ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

6. ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের একটি তুলনামূলক আলোচনা লিখ।

7. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত আয়োডিনের বিক্রিয়া সম্বন্ধে যাহা জান লিখ :

(a) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (b) হাইড্রোজেন সালফাইড, (c) নাইট্রিক অ্যাসিড, (d) পারদ, (e) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, (f) পটাসিয়াম ক্লোরেট। আয়োডিনকে কিভাবে সনাক্ত করিবে।

8. ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের শিল্পোৎপাদন সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

9. ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনকে একই শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্ত করার কারণ কি ? আয়োডিন এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডের মিশ্রণ হইতে উহাদিগকে কিভাবে পৃথক করা যায় ? [J. E. 1985]

10. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করিবে ? পটাসিয়াম ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন, পটাসিয়াম ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিন, পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন। [Tripura, 1982]

11. রসায়নাগারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করিবে ? উহার ভৌতধর্ম, রাসায়নিক ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। [Tripura, 1984]

12. রসায়নাগারে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড কিভাবে প্রস্তুত করিবে ? উহার ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

13. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন আয়োডাইড-এর প্রস্তুত সম্বন্ধে যাহা জান

চিত্রসহ লিখ। [Tripura, 1982] ইহার ভৌতধর্ম, রাসায়নিক ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

14. হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইডের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

15. (a) রসায়নাগারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যেভাবে প্রস্তুত করা হয় ঠিক সেই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয় না কেন?

(b) কি ঘটে বল:

(i) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড যোগ করা হইল।

(ii) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া যোগ করা হইল।

(iii) সোডিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে লেড নাইট্রেট যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হইলে এবং পরে শীতল করা হইল।

16. পরীক্ষাগারে কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়? ক্লোরিনের ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

17. পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। ইহার রাসায়নিক ধর্ম এবং ভৌত ধর্ম সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

18. ক্লোরিন প্রস্তুতিকালে কি কি অসুবিধার সম্মুখীন হইতে হইয়াছিল? কিরূপে ময়সেঁ উক্ত অসুবিধাগুলি কাটাইয়া ক্লোরিন প্রস্তুত করিতে সমর্থ হইয়াছিলেন?

19. একটি বোতলে একটি গুড়ো লবণ আছে। উহা KCl, KBr বা KI হইতে পারে। তোমার কাছে Conc H_2SO_4, টেস্টটিউব ও বুনসেন বার্নার আছে। কেবলমাত্র এগুলি ব্যবহার করিয়া লবণটিকে কিভাবে সনাক্ত করিবে? [H. S. 1983]

হ্রস্বোত্তর প্রশ্নাবলী

1. (a) ক্লোরিন ও আয়োডিনকে একই শ্রেণীর মৌল বলা হয় কেন? [H.S. 1981] (b) আর্দ্র ক্লোরিন তীব্র বিরঞ্জক, কিন্তু সাধারণ পেনসিলের দাগ ইহার সাহায্যে মুছিয়া ফেলা যায় না কেন? [H.S. 1982] (c) জলে আয়োডিনের দ্রাব্যতা খুব কম হইলেও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ইহার দ্রাব্যতা অনেক বেশি হয় কেন? [H.S. 1982] (d) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস কিন্তু হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড তরল কেন? (e) হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড একক্ষারিক অ্যাসিড হইলেও ইহার অ্যাসিড লবণ বর্তমান কেন? (f) হাইড্রোক্লোরিক

অ্যাসিড তীব্র অ্যাসিড হইলেও হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দুর্বল অ্যাসিড কেন? (g) প্যারাফিন মোম আচ্ছাদিত কাচের প্লেটে আঁচড় কাটিয়া কিছু লিখিবার পর হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড মাখাইয়া রাখিলে কেন কাচের গায়ে লেখাটি স্থায়িভাবে ফুটিয়া উঠে? (h) ফ্লোরিন প্রস্তুতিতে অসুবিধা হইত কেন? (i) তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িতের কুপরিবাহী হইলেও উহার জলীয় দ্রবণ সুপরিবাহী কেন? (j) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত প্রণালীর অনুরূপ উপায়ে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বা হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায় না কেন? (k) ক্লোরিন হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড হইতে আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করিলেও আয়োডিন ক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিনকে প্রতিস্থাপিত করে কেন? (l) স্টার্চ আয়োডাইড দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ ক্লোরিন চালিত করিলে প্রথমে দ্রবণটি ঘন নীলবর্ণ হইয়া পরিশেষে বর্ণহীন হইয়া যায় কেন? (m) ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণের নামটি কি ও কেন? [Tripura, 1982]

2. উপযুক্ত সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ:

(a) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হইল। [J. E. 1985] (দ) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল। [J. E. 1985] (c) আয়োডিনের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো হল। [J. E. 1985] (d) কার্বন মনোক্সাইড ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সোজাসুজি সূর্যালোকে রাখা হল। [J.E. 1985] (e) লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল যুক্ত করা হইল। [H.S. 1982] (f) সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবণে ক্লোরিন চালনা হইল। [H.S. 1983] (I) KMnO দানার উপর গাঢ় HCl ঢালা হইল। [H.S. 1981; Tripura, '82] (h) স্টার্চ আয়োডাইড সিক্ত কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরা হইল। [H. S. 1983] (i) শুষ্ক ফোটানো চুনের উপর ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল। (j) গাঢ় উত্তপ্ত কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে ব্রোমিন যোগ করা হইল। (k) লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা। (l) লঘু, শীতল কস্টিক সোডা দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল। (m) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো হইল। [H. S. '82] (n) স্টার্চ আয়োডাইড সিক্ত একটি কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরা হইল। [H. S. '83] (o) উত্তপ্ত গাঢ় KOH দ্রবণে Cl_2 চালনা করা হইল। [Tripura, '81, '85] (p) NH_3 দ্রবণে Cl_2 চালনা করা হইল। [Tripura, '81, '85] (q) ঠাণ্ডা KOH দ্রবণ ও ঠাণ্ডা NH_4OH দ্রবণের মধ্যে পৃথক পৃথকভাবে Br_2 দেওয়া হইল। [Tripura, 1983]

কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক দ্রব্যের শিল্পোৎপাদন

[LARGE-SCALE PREPARATION OF SOME IMPOTANT CHEMICALS]

[Syllabus : Large-scale preparation (omitting details) with reference to the physico-chemical principles involved whenever applicable of the following : Hydrogen, Ammonia, Nitric acid, Sulphuric (contact process only), Coal gas.]

হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন ঃ হাইড্রোজেন শিল্পোৎপাদনের প্রচলিত পদ্ধতিগুলি নিম্নরূপ : (১) লেন পদ্ধতি বা স্টীম-আয়রন পদ্ধতি, (২) জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ, (৩) বশ্ পদ্ধতি বা ওয়াটার গ্যাস অনুঘটন পদ্ধতি, (৪) স্টীম-হাইড্রোকার্বন পদ্ধতি এবং (৫) অ্যামোনিয়া-তাপ বিয়োজন পদ্ধতি। এতদ্ব্যতীত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে এবং সন্ধান প্রক্রিয়ায় বিউটানল প্রস্তুতিকালে প্রচুর হাইড্রোজেন উপজাত দ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়।

1. লেন পদ্ধতি বা স্টীম-আয়রন পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত আয়রনের উপর দিয়া স্টীম চালনা করিয়া হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হয়। $3Fe+4H_2O=4H_2+Fe_3O_4$ (ফেরোসোফেরিক অক্সাইড)।

স্পঞ্জ-সদৃশ সছিদ্র লৌহে পূর্ণ একটি উল্লম্ব বক্‌যন্ত্রকে জ্বালানি গ্যাস দ্বারা উত্তপ্ত চুল্লীতে রাখিয়া বক্‌যন্ত্রের মধ্যে 650°-800°C তাপমাত্রায় স্টীম পরিচালনার ফলে উপরি-উক্ত বিক্রিয়া অনুযায়ী হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। গ্যাস শীতল হইলে উহার সহিত মিশ্রিত অতিরিক্ত স্টীম তরল জলে পরিণত হইয়া পৃথক হইয়া যায়। বিক্রিয়ার ফলে বক্‌যন্ত্রের মধ্যে ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে রূপান্তরিত আয়রনকে ওয়াটার গ্যাসের (হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ) সাহায্যে পুনরায় বিজারিত করিয়া আয়রনে পরিণত করা হয়। $Fe_3O_4+2(CO+H_2)=3Fe+2H_2O+2CO_2$। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন প্রায় 98% বিশুদ্ধ, তবে ইহার মধ্যে সামান্য কার্বন মনোক্সাইড অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত থাকে।

2. জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ বিশুদ্ধ জল তড়িতের কুপরিবাহী বলিয়া সাধারণত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের শতকরা 15% জলীয় দ্রবণ লইয়া আয়রন ক্যাথোড ও নিকেল প্রলেপ দেওয়া আয়রন অ্যানোডের সাহায্যে 60°-70° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। অ্যানোড ও ক্যাথোড প্রকোষ্ঠকে একটি অ্যাসবেস্‌টাস-নির্মিত মধ্যচ্ছদা (diaphragm) দ্বারা পৃথক রাখা হয়। অ্যানোডের উপর অক্সিজেন এবং ক্যাথোডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস (99·7% বিশুদ্ধ) উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া : $NaOH=Na^++OH^-$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $4OH^-\rightarrow 2H_2O+O_2+4e$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$; $2H^++2e\rightarrow H_2$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড আয়নিত হইয়া ধনাত্মক তড়িৎবাহী সোডিয়াম আয়ন Na^+ ও ঋণাত্মক তড়িৎবাহী হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) উৎপন্ন করে। ঋণাত্মক তড়িৎবাহী হাইড্রক্সিল আয়ন অ্যানোডে আকর্ষিত হয় এবং সেখানে পৌঁছাইয়া ইলেকট্রন বর্জন করিয়া অক্সিজেন ও জলে পরিণত হয়। ধনাত্মক তড়িৎবাহী সোডিয়াম আয়ন ক্যাথোডে আকর্ষিত হয়, কিন্তু সেখানে জলের আয়নীভবনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়নও উপস্থিত থাকে।

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$। তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে সোডিয়াম হাইড্রোজেনের ঊর্ধ্বে অবস্থিত, অর্থাৎ সোডিয়াম আয়নের মুক্তি বিভবের (discharge potential) সংখ্যামান হাইড্রোজেন আয়ন অপেক্ষা বেশি। তাই ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়নের পরিবর্তে হাইড্রোজেন আয়ন মুক্তি লাভ করে ($2H^+ + 2e \rightarrow H_2$) এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ব্যবহৃত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের পরিমাণ হ্রাস পায় না।

সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদন করার সময়ও প্রচুর পরিমাণ হাইড্রোজেন উপজাত হয়।

3. ওয়াটার গ্যাস অনুঘটন পদ্ধতি (বশ্ পদ্ধতি): এই পদ্ধতিতে তিনটি পর্যায়। প্রথম পর্যায়ে 1000° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত কোক্ চূর্ণের স্তরের মধ্য দিয়া স্টীম পরিচালনা করিয়া ওয়াটার গ্যাস (কার্বন মনোক্সাইড, হাইড্রোজেন ও অল্প পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ) প্রস্তুত করা হয়।

$$C + H_2O = H_2 + CO \text{ ; } C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$$

দ্বিতীয় পর্যায়ে এই ওয়াটার গ্যাসকে প্রায় 2 : 1 অনুপাতে স্টীমের সহিত মিশ্রিত করিয়া 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ক্রোমিক অক্সাইড উদ্দীপিত ফেরিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করার ফলে উহার ভিতরকার কার্বন-মনোক্সাইড জলকে হাইড্রোজেনে বিজারিত করিয়া নিজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হইয়া যায়।

$$CO + H_2O \underset{Fe_2O_3,\ Cr_2O_3}{\overset{450°C}{=}} CO_2 + H_2$$

তৃতীয় পর্যায়ে এই গ্যাস মিশ্রণকে শীতল করিয়া উচ্চ চাপে জলের মধ্য দিয়া চালনা করিলে উহার ভিতরকার কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া পৃথক হইয়া যায় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস অপরিবর্তিত অবস্থায় বাহির হইয়া আসে।

4. স্টীম-হাইড্রোকার্বন পদ্ধতি: এই পদ্ধতিতে বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন বিশেষত মিথেন ও প্রোপেনকে সালফার-যুক্ত অশুদ্ধি হইতে বিমুক্ত করিয়া স্টীমের সহিত মিশ্রিত করা হয় এবং ঐ মিশ্রণকে 800°-850° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া চালনা করা হয়।

$$\underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + \underset{\text{স্টীম}}{H_2O} \underset{800°C}{\overset{Ni}{=}} \underset{\text{কার্বন মনোক্সাইড}}{CO} + \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{3H_2}$$

প্রাপ্ত কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে অতঃপর 'বশ্' পদ্ধতির

ন্যায় অতিরিক্ত স্টীম মিশ্রিত করিয়া 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ক্রোমিক অক্সাইড উদ্দীপিত ফেরিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া এবং পরিশেষে উচ্চ চাপে জলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। অনেক সময় গ্যাসমিশ্রণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করার জন্য গ্যাসমিশ্রণকে ইথানল অ্যামিন দ্রবণের এবং সম্পূর্ণ কার্বন মনোক্সাইড-মুক্ত করার জন্য অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণের মধ্য দিয়াও চালিত করা হয়।

হাইড্রোকার্বন-স্টীম বিক্রিয়াটি তাপ-শোষক এবং সেইজন্য বিক্রিয়ার প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা বজায় রাখার জন্য বাহির হইতে উত্তাপ প্রয়োগের প্রয়োজন হয়। এই অসুবিধা দূর করার জন্য আধুনিকতম পদ্ধতি হিসাবে হাইড্রোকার্বনের 'আংশিক জারণ পদ্ধতি' ব্যবহৃত হইতেছে।

আংশিক জারণ পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে স্টীম-হাইড্রোকার্বন তাপশোষক বিক্রিয়ার প্রয়োজনীয় উত্তাপ ভিতর হইতে সরবরাহ করিবার জন্য স্টীমের সহিত কিছু বাণিজ্যিক অক্সিজেন মিশ্রিত করা হয় এবং ঐ অক্সিজেন হাইড্রোকার্বনকে যে তাপমোচী বিক্রিয়ায় আংশিকভাবে জারিত করে, সেই নির্গত তাপ পূর্বোক্ত তাপ-শোষক বিক্রিয়ার উত্তাপের চাহিদা পূর্ণ করে।

মিথেনের ক্ষেত্রে মূল বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ ঃ

$CH_4+O_2=CO_2+2H_2$ তাপমোচী এবং দ্রুত (1)

$CH_4+\frac{1}{2}O_2=CO+2H_2$ তাপমোচী এবং দ্রুত (2)

$CH_4+CO_2=2CO+2H_2$ তাপশোষক এবং ধীর গতি (3)

$CH_4+H_2O=CO+3H_2$ তাপশোষক এবং ধীর গতি (4)

5. অ্যামোনিয়ার তাপ-বিয়োজন পদ্ধতি ঃ যদিও অধিকাংশ ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণ করা হয়, তবু জরুরী প্রয়োজনে (যেমন, দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের সময়) যে-সব দেশে সংশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যতীত অন্যান্য উপায়ে (যেমন, কোল গ্যাস উৎপাদনকালে উপজাত সামগ্রী হিসাবে) প্রচুর পরিমাণ অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়, সেই সব দেশে অ্যামোনিয়াকে বিয়োজিত করিয়া এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেনের মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয়।

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2+3H_2$$

অ্যামোনিয়াকে 850°C – 900°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত আয়রন অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে উহার অধিকাংশ উপরি-উক্ত বিক্রিয়া অনুসারে বিয়োজিত হইয়া যায়।

6. হাইড্রোকার্বন তাপ-বিয়োজন পদ্ধতি ঃ প্রাকৃতিক গ্যাসকে (প্রধানত মিথেন) তাপশোষক বিক্রিয়ায় কার্বন ব্লাক ও হাইড্রোজেনে বিয়োজিত করার স্বল্পপ্রচলিত একটি পদ্ধতিরও সাক্ষাত পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে উপজাত হাইড্রোজেনও বাণিজ্যিক হাইড্রোজেনের একটি উৎস।

$$CH_4 \overset{1200^\circ C}{=} C+2H_2-\text{উত্তাপ}$$

অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন: অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনের জন্য অনুসৃত প্রধান পদ্ধতিগুলি হইল :

(i) সংশ্লেষণ পদ্ধতি—হেবার ও ক্লড পদ্ধতি ; (ii) সায়নামাইড পদ্ধতি ; (iii) বর্তমানে অপ্রচলিত সারপেক পদ্ধতি ; (iv) কোল গ্যাস উৎপাদনকালে উপজাত অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার-ভিত্তিক পদ্ধতি।

(i) সংশ্লেষণ পদ্ধতি—হেবার ও ক্লড পদ্ধতি: অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে ইহাই সর্বাপেক্ষা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেনকে উচ্চ চাপে (হেবার পদ্ধতিতে 200 ও ক্লড পদ্ধতিতে 1000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ) ও তাপমাত্রায় (সর্বোত্তম তাপমাত্রা 550°C) উপযুক্ত অনুঘটকের (মলিবডেনাম বা $K_2O+Al_2O_3$ উদ্দীপিত আয়রন) উপস্থিতিতে নিম্নলিখিত উভমুখী বিক্রিয়া অনুযায়ী আংশিকভাবে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত করা হয়।

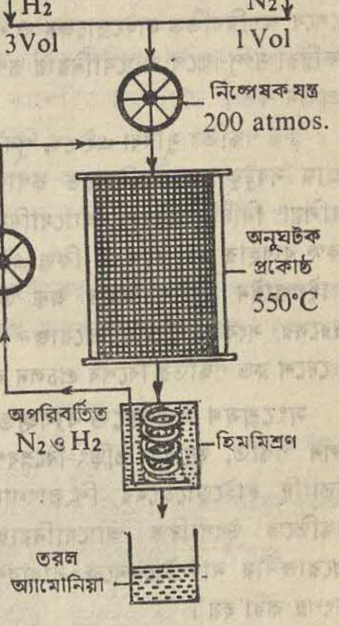
$$\underset{\text{এক আয়তন}}{N_2} + \underset{\text{তিন আয়তন}}{3H_2} \rightleftharpoons \underset{\text{দুই আয়তন}}{2NH_3} + 22000 \text{ ক্যালোরি}/2 \text{ মোল } NH_3$$

বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব :

চাপের প্রভাব: প্রদত্ত সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, তিন আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে ; অর্থাৎ বিক্রিয়ার ফলে আয়তন সঙ্কোচন ঘটে। সুতরাং লা সাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী উচ্চতর চাপে অধিক পরিমাণ হাইড্রোজেন-নাইট্রোজেন মিশ্রণ অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হইবে। সেইজন্য হেবার ও পরিমার্জিত হেবার পদ্ধতিতে 200 হইতে 300 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ প্রয়োগ করিয়া 550°C-এ গ্যাস মিশ্রণের 10%-20% এবং ক্লড পদ্ধতিতে 1000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ প্রয়োগ করিয়া (এবং পর্যায়ক্রমে কয়েকটি অনুঘটক কক্ষের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া শেষ পর্যন্ত) 85% অ্যামোনিয়ায় পরিণত করা হয়।

তাপমাত্রার প্রভাব: প্রদত্ত সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, বিক্রিয়াটি তাপমোচী। সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে লা সাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী সাম্যাবস্থায় উপস্থিত অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কমে এবং যতদূর সম্ভব নিম্ন তাপমাত্রা ব্যবহার করিয়া বেশি পরিমাণ গ্যাসমিশ্রণকে অ্যামোনিয়ায় পরিণত করার চেষ্টাই যুক্তিসঙ্গত। কিন্তু যেহেতু সর্বপ্রকার বিক্রিয়ার গতিই নিম্নতর তাপমাত্রায় হ্রাসপ্রাপ্ত হয়, তাই খুব নিম্ন তাপমাত্রা ব্যবহার করিলে সাম্যাবস্থায় উপনীত হইবার সময় এত দীর্ঘায়িত হইবে যে, সমগ্র উৎপাদন ব্যবস্থাই অর্থনৈতিক ভাবে অসফল হইয়া উঠিবে। অতএব শিল্পোৎপাদন সার্থক করিবার জন্য মাঝামাঝি এমন এক সর্বোত্তম তাপমাত্রা (550°C) বাছিয়া লওয়া হয়, যে-তাপমাত্রায় উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ সন্তোষজনক এবং বিক্রিয়ার গতিবেগও খুব কম নয়।

হেবার পদ্ধতির বর্ণনা ঃ পরিশুদ্ধ ও অনার্দ্র নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসকে 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে (পরিমার্জিত হেবার পদ্ধতিতে 300 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে) সঙ্কুচিত করা হয়। অতঃপর ঐ উচ্চচাপে সঙ্কুচিত গ্যাসমিশ্রণকে একটি ক্রোমিয়াম স্টীল-নির্মিত কক্ষে $K_2O+Al_2O_3$ মিশ্রণ (অথবা মলিবডেনাম) দ্বারা উদ্দীপিত আয়রন-চূর্ণ অনুঘটকবাহী সারি সারি তাকের মধ্য দিয়া চালিত করা হয়। বিক্রিয়াকক্ষের তাপমাত্রা বিক্রিয়ারম্ভের পূর্বে বৈদ্যুতিক তাপন প্রণালীতে 550°C-এ তোলা হয় কিন্তু একবার বিক্রিয়া আরম্ভ হইলে তাপমোচী বিক্রিয়ায় উৎপন্ন উত্তাপ বিক্রিয়াকক্ষের নির্দিষ্ট তাপমাত্রা অব্যাহত রাখে এবং বৈদ্যুতিক তাপন বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। বিক্রিয়াশেষে 8-12% (পরিমার্জিত হেবার পদ্ধতিতে 20%) অ্যামোনিয়াবাহী গ্যাসমিশ্রণকে বিক্রিয়াকক্ষের একপ্রান্তে অবস্থিত তাপবিনিময়কারী অংশে প্রবিষ্ট গ্যাসমিশ্রণের (H_2+N_2) সাহায্যে আংশিকভাবে শীতল করিয়া বাহিরে আনা হয় এবং



চিত্র 8.1 হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন

জলের সাহায্যে মিশ্রণে উপস্থিত অ্যামোনিয়াকে শোষণ করিয়া লওয়া হয়। বিকল্প পদ্ধতি হিসাবে গ্যাসমিশ্রণকে শীতল করিলে উচ্চ চাপ হেতু গ্যাসমিশ্রণে উপস্থিত অ্যামোনিয়া তরলে পরিণত হইয়া পৃথক হইয়া যায়। তবে পরিমার্জিত হেবার পদ্ধতিতে 300 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সঙ্কুচিত অ্যামোনিয়া জলের সাহায্যে শীতলীকৃত হইয়া ঘরের উষ্ণতাতে তরলে রূপান্তরিত হইলেও, সাধারণ হেবার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে তরলীকরণ অত সহজসাধ্য নহে এবং সেইজন্য হিমমিশ্রণের দ্বারা শীতলীকরণের প্রয়োজন হয়। তরলীকরণ অথবা জলে দ্রবীভূত করিয়া অ্যামোনিয়াকে পৃথক করার পর অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণকে (জলে দ্রবীভূত করিয়া অ্যামোনিয়া পৃথক করা হইলে উত্তমরূপে শুষ্ক করার পর) পুনরায় পাম্প করিয়া বিক্রিয়াকক্ষে প্রবেশকারী গ্যাসমিশ্রণের সহিত মিশ্রিত করা হয়। সুতরাং শেষ পর্যন্ত ব্যবহৃত সমগ্র নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনই অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হইয়া যায়।

ক্লড পদ্ধতি ঃ ক্লড পদ্ধতিতে 1000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ও 500°-600°C

তাপমাত্রা ব্যবহার করা হয় এবং গ্যাসমিশ্রণকে ধারাবাহিকভাবে একাধিক বিক্রিয়া-কক্ষের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া উহার 85% অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত করা হয়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়াশেষে অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ এত সামান্য হয় যে, উহাদের আর বিক্রিয়াকক্ষে ফেরৎ পাঠানো হয় না। কিন্তু বিক্রিয়া-শেষে অপরিবর্তিত হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনকে পুনঃপুনঃ বিক্রিয়াকক্ষে আবর্তিত করিয়া সম্পূর্ণরূপে অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত করা হেবার পদ্ধতির সাফল্যের অন্যতম প্রধান শর্ত।

ক্লড পদ্ধতির সুবিধা এই যে, পুনরাবর্তিত না করিয়াই নাইট্রোজেন-হাইড্রোজেনের প্রায় সবটুকু অ্যামোনিয়াতে রূপান্তরিত করা যায় এবং উচ্চচাপে সঙ্কুচিত থাকে বলিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ অ্যামোনিয়া উৎপাদনের জন্য ক্ষুদ্রতর আয়তনের বিক্রিয়া-কক্ষ ব্যবহার করা চলে। কিন্তু এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত বিক্রিয়াকক্ষ এবং আনুষঙ্গিক পাইপলাইন নির্মাণ করার জন্য উচ্চচাপ সহ্য করিবার উপযুক্ত উচ্চমূল্যের বিশেষ ধরনের সংকর স্টীলের প্রয়োজন হয়, যাহা আমাদের দেশে প্রস্তুত হয় না বলিয়া, এদেশে ক্লড পদ্ধতির বিশেষ প্রচলন নাই।

সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের উৎস : লেন পদ্ধতি, জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি, বশ্ পদ্ধতি, স্টীম-হাইড্রোকার্বন পদ্ধতি ইত্যাদি হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন প্রসঙ্গে আলোচিত পদ্ধতিগুলিই সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপাদিত অ্যামোনিয়ার উৎস। সংশ্লেষিত অ্যামোনিয়া উৎপাদনে প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেনকে সাধারণত তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে উৎপন্ন করা হয়।

এতদ্ব্যতীত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতের এক মিশ্রণ সরাসরি প্রস্তুত করার জন্য অনেক সময় প্রডিউসার গ্যাস (অর্থাৎ লোহিত তপ্ত কোকচূর্ণের উপর দিয়া বায়ু চালিত করিয়া উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ) এবং ওয়াটার গ্যাসকে (অর্থাৎ লোহিততপ্ত কোকচূর্ণের উপর দিয়া স্টীম চালিত করিয়া উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ) সঠিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া উপযুক্ত পরিমাণ স্টীমের উপস্থিতিতে 450° সেন্টি-গ্রেডে উত্তপ্ত $Fe_2O_3+Cr_2O_3$ অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করা হয়। গ্যাস মিশ্রণে উপস্থিত কার্বন মনোক্সাইড ইহার ফলে স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডকে উচ্চ চাপে জলে শোষিত করিয়া অপসারণ করিলে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

(ii) সায়নামাইড পদ্ধতি : এই পদ্ধতির দুইটি পর্যায় : (a) সায়নামাইড প্রস্তুতি এবং (b) সায়নামাইড আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন।

প্রারম্ভিক উপাদান : মার্বেল পাথর, কয়লা, কোক এবং নাইট্রোজেন।

প্রথমে মার্বেল পাথর ও কয়লার খণ্ডাকৃতি মিশ্রণকে একটি চুনচুল্লীতে (lime kiln) 1000°-1200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া পাথুরে চুন (quick lime) প্রস্তুত করা হয়।

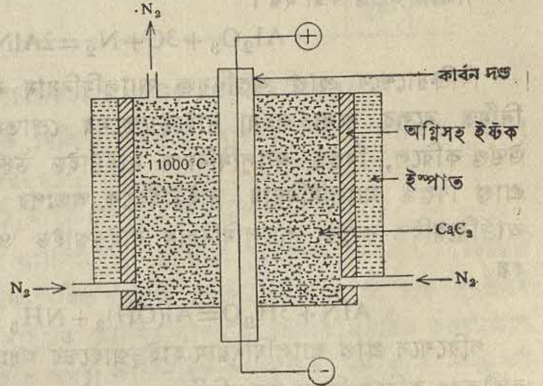
$$CaCO_3 \overset{1100°C}{=} CaO + CO_2$$

অতঃপর উৎপন্ন পাথুরে চুনকে কোকচূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া ইলেকট্রিক চুল্লীতে 2000°-2200° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

এইরূপে প্রস্তুত ক্যালসিয়াম কার্বাইড ও তরল বায়ুর আংশিক পাতনে উৎপন্ন নাইট্রোজেনকে 1000° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড পাওয়া যায়।

(a) সায়নামাইড প্রস্তুতি : অগ্নিসহ ইষ্টকের আভ্যন্তরীণ আস্তরণযুক্ত একটি চোঙাকৃতি ইস্পাত-নির্মিত চুল্লীতে উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বাইড (অথবা CaF_2 মিশ্রিত CaC_2)-এর সহিত নাইট্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ক্যালসিয়াম সায়নামাইড প্রস্তুত করা হয় (চিত্র 8.2)। চুল্লীর মধ্যস্থলে একটি উল্লম্ব কার্বনদণ্ড-রোধের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া বিক্রিয়ারম্ভের প্রাথমিক পর্যায়ে প্রয়োজনীয় 1100°C তাপমাত্রা (CaF_2 উপস্থিত থাকিলে 1000°C) সৃষ্টি করা হয়, কিন্তু তাপমোচী বিক্রিয়াটি একবার আরম্ভ হইয়া গেলে আর তাপ-প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না। 30 ঘন্টা হইতে 150 ঘন্টা চুল্লীর নিম্নদিক হইতে অনুপ্রবিষ্ট নাইট্রোজেনের স্রোত অব্যাহত রাখার পর বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়।



চিত্র 8.2 সায়নামাইড উৎপাদন

$$CaC_2 + N_2 = Ca : N.CN \text{ (ক্যালসিয়াম সায়নামাইড)} + C$$

বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইডের সহিত গ্রাফাইট উৎপন্ন হয় এবং এই মিশ্রণকে 'নাইট্রোলিম'-নামক সার হিসাবে সরাসরি ব্যবহার করাও হইয়া থাকে।

(b) সায়নামাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ : অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিতে হইলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করার প্রয়োজন হয়। এজন্য প্রথম পর্যায়ে উৎপন্ন $CaCN_2$-কে চূর্ণ করিয়া শীতল জলের সাহায্যে অপরিবর্তিত CaC_2 হইতে মুক্ত করা হয় এবং সামান্য Na_2CO_3 মিশ্রিত করিয়া অটোক্লেভের

(উচ্চচাপে বিক্রিয়া ঘটাইবার উপযোগী পাত্রবিশেষ) মধ্যে 3-4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অনুপ্রবিষ্ট স্টীমের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করা হয়। আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া অটোক্লেভের ভিতরকার চাপ 12-14 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বর্ধিত করে এবং স্টীম-মিশ্রিত অ্যামোনিয়া ভালভ সরাইয়া নির্গত হইতে থাকে। নির্গত মিশ্রণকে শীতকের সাহায্যে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণে পরিণত করা হয়।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

(iii) সারপেক পদ্ধতি : বর্তমানে প্রায়-অপ্রচলিত এই পদ্ধতিতে পূর্বে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য প্রয়োজনীয় বক্সাইটকে বিশোধন করা হইত এবং এইরূপ বিশোধনকালে প্রচুর পরিমাণ অ্যামোনিয়া উপজাত সামগ্রী হিসাবে পাওয়া যাইত।

এই পদ্ধতিতে বক্সাইটরূপে উপস্থিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও কোকের এক উত্তমরূপে চূর্ণিত মিশ্রণকে নাইট্রোজেন গ্যাসের প্রবহমাণ স্রোতের মধ্যে 1600°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়।

$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO$$

বিক্রিয়াশেষে প্রাপ্ত অশুদ্ধিযুক্ত অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে একটি কার্বন-নির্মিত নলের মধ্যে লইয়া নাইট্রোজেনের স্রোতধারায় 2020°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে, বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া পৃথক হয়। প্রাপ্ত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে অতঃপর লঘু ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়ায় পরিণত করা হয়।

$$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$$

পরিশেষে প্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপকে 1100°C তাপমাত্রায় ভস্মীকরণ করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

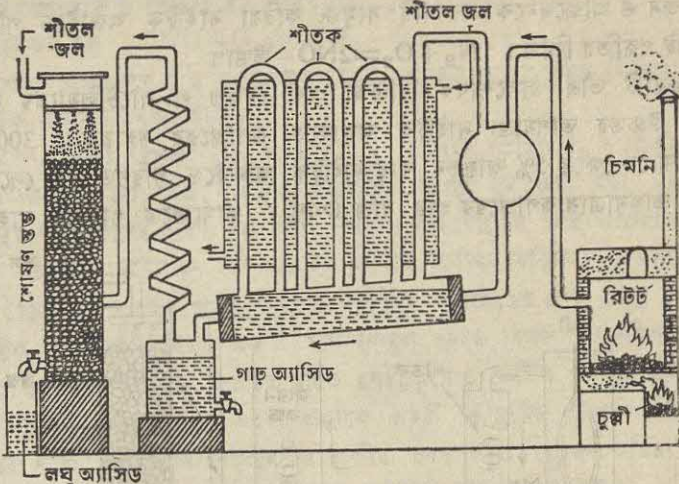
(iv) অ্যামোনিয়াক্যাল লিকারভিত্তিক পদ্ধতি : কোল গ্যাস উৎপাদন-কালে অর্থাৎ কয়লার অঙ্গারীকরণ (carbonisation of coal) প্রক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াকাল লিকার নামে এক তরল উপজাত সামগ্রী পাওয়া যায়। ইহার মধ্যে জলীয় দ্রবণরূপে অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, অ্যামোনিয়াম হাইড্রো-সালফাইড ইত্যাদি উপস্থিত থাকে। এই জলীয় দ্রবণকে চুনগোলার সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস মুক্ত হয়।

$$(NH_4)_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2NH_3 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন : সাধারণত নিম্নলিখিত তিনটি পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয় :

(a) চিলি সল্টপিটার হইতে পাতন পদ্ধতি ; (b) আর্ক পদ্ধতি বা বার্কেল্যাণ্ড ও আইডে পদ্ধতি ; (c) অ্যামোনিয়ার জারণ পদ্ধতি বা অস্টওয়াল্ড পদ্ধতি।

(a) পাতন পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে চিলি সল্টপিটার নামে পরিচিত খনিজ সোডিয়াম নাইট্রেটকে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া অনুযায়ী প্রয়োজনীয় পরিমাণ 93% ঘন



চিত্র 8.3 চিলি সল্টপিটার হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় আয়রন রিটর্টে পাতিত করিয়া ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = Na_2SO_4 + NaHSO_4 + 3HNO_3$$

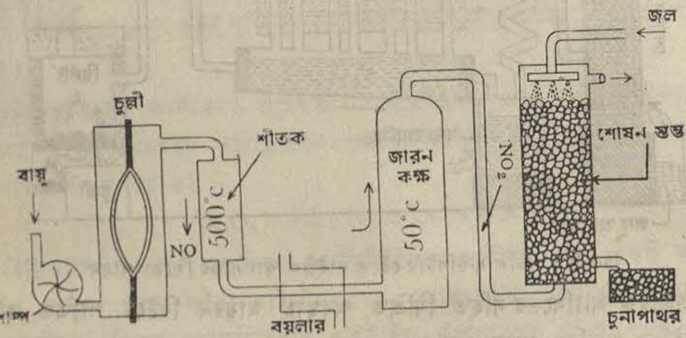
রিটর্টের আয়রন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পের দ্বারা আক্রান্ত হয় না। রিটর্টকে একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত ইষ্টক-নির্মিত চুল্লীতে 200-250°C তাপমাত্রায় সমভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পকে, সিলিকা-নির্মিত কুণ্ডলীকার অথবা প্রস্তর-নির্মিত U-নলাকৃতি অথবা কাচনির্মিত আনুভূমিক নলাকৃতি শীতকের মধ্যে, জলের সাহায্যে অথবা আংশিকভাবে বায়ু এবং আংশিকভাবে জলের সাহায্যে, শীতল করিয়া তরলীভূত করা হয় (চিত্র 8.3)। বিক্রিয়াকালে কিছু নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। সেজন্য শীতক হইতে নিষ্ক্রান্ত অতরলীভূত গ্যাসমিশ্রণকে একটি স্তম্ভের মধ্যে চালিত করিয়া জলে শোষণ করা হয় এবং স্তম্ভের নিম্নে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। $4HNO_3 \rightleftharpoons 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$

ভ্যালেন্‌টিনার পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে পাতনকালে নিম্নচাপ (25 cm মার্কারি) ব্যবহার করা হয় বলিয়া 100-150°C তাপমাত্রার মধ্যেই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় এবং উহার ফলে নাইট্রিক অ্যাসিডের খুব সামান্য অংশ বিয়োজিত হয়।

রিটর্টে অবশেষ হিসাবে প্রায় আণবিক অনুপাতে সোডিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম বাই-সালফেটের মিশ্রণ পাওয়া যায়। ইহাকে নিটার কেক (Nitre cake) বলে। পাতন পদ্ধতির ব্যবহার বর্তমানে কমিয়া গিয়াছে।

(b) আর্ক পদ্ধতি—বার্কেল্যাণ্ড ও আইডে পদ্ধতি (Arc process—Birkeland and Eyde process)ঃ বৈদ্যুতিক আর্কের প্রভাবে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনকে সরাসরি সংযুক্ত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করাই এই পদ্ধতির ভিত্তি। $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ − উত্তাপ

বিক্রিয়াটি তীব্র তাপশোষক বিক্রিয়া এবং সেজন্য লা সাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী উচ্চতর তাপমাত্রা নাইট্রিক অক্সাইডে রূপান্তরের সহায়ক। 3000°C তাপমাত্রায় যে-ক্ষেত্রে 5% আয়তন বায়ু নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয় সেক্ষেত্রে 1500°C তাপমাত্রায় রূপান্তরের হার মাত্র 0·4%। কার্যক্ষেত্রে পাম্পের সাহায্যে



চিত্র 8.4 আর্ক পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

বায়ুকে একটি চুল্লীর মধ্যে চালিত করা হয়। চুল্লীর মধ্যে শীতলীকৃত দুইটি কপার তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক আর্ক সৃষ্টি করিয়া তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে থালার মত আকৃতি দেওয়া হয়। বৈদ্যুতিক আর্কের বিস্তৃতির জন্য বেশি আয়তন বায়ু আর্কের সান্নিধ্যে আসে এবং প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত হয়। অতঃপর চুল্লী হইতে নির্গত গ্যাসমিশ্রণকে দ্রুত শীতল করিয়া 1000°C-এর নিম্ন তাপমাত্রায় লইয়া আসিলে সাম্যাবস্থার হিমায়ন ঘটে (অর্থাৎ বিক্রিয়ার গতি এত ধীর হইয়া যায় যে, নিম্নতর তাপমাত্রার সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠার জন্য নাইট্রিক অক্সাইড আর বিয়োজিত হইতে পারে না) এবং প্রায় 1% নাইট্রিক অক্সাইড মিশ্রিত বায়ুকে বয়লারের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া প্রায় 150° সেন্টিগ্রেডে শীতল করা (এবং সঙ্গে সঙ্গে বয়লারে স্টীম উৎপন্ন করা) হয়। এইবার গ্যাসমিশ্রণকে দীর্ঘ-অ্যালুমিনিয়াম নলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া উহার তাপমাত্রা আরও নামাইয়া প্রায় 50°C-এ পরিণত করা হয় এবং পর্যায়ক্রমে কয়েকটি স্তম্ভের মধ্যে লঘু হইতে লঘুতর নাইট্রিক অ্যাসিড ও পরিশেষে জলের দ্বারা শোষণ করা হয়। স্তম্ভগুলির নীচে সঞ্চিত নাইট্রিক অ্যাসিড পূর্ববর্তী স্তম্ভে গ্যাসমিশ্রণ শোষণ করার জন্য ব্যবহৃত হইয়া ক্রমশ গাঢ়তর হইয়া উঠে এবং অবশেষে প্রথম স্তম্ভের নীচে 30% নাইট্রিক অ্যাসিড হিসাবে আবির্ভূত হয়।

চুল্লীর গ্যাসের তাপমাত্রা 600° সেন্টিগ্রেডের নীচে নামিবার সময় হইতেই

নাইট্রিক অক্সাইড উপস্থিত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইতে শুরু করে। কিন্তু বিক্রিয়াটি ধীরগতি হওয়ার জন্য গ্যাসমিশ্রণকে একটি বিশালাকায় লৌহনির্মিত জারণকক্ষে প্রেরণ করিয়া বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার সময় দেওয়া হয়। $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$

শোষণ স্তম্ভগুলির মধ্যে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$2NO_2 + H_2O \rightleftharpoons HNO_3 + HNO_2$; $3HNO_2 \rightleftharpoons HNO_3 + 2NO + H_2O$

বিক্রিয়ার ফলে কিছু নাইট্রিক অক্সাইডও উৎপন্ন হয় এবং ইহা গ্যাসমিশ্রণে উপস্থিত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া পুনরায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড আবার পূর্বোক্ত বিক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি ঘটায় এবং বৈদ্যুতিক আর্কের প্রভাবে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডের প্রায় 85% শেষ পর্যন্ত নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। শোষণস্তম্ভ হইতে নির্গত গ্যাসমিশ্রণে যেটুকু নাইট্রোজেনের অক্সাইড উপস্থিত থাকে সেইটুকুকেও অন্তিম পর্যায়ে চুনাপাথরের দ্বারা শোষণ করা হয়। অথবা উহাকে একটি কোয়ার্টজ খণ্ডপূর্ণ লৌহ-নির্মিত স্তম্ভের মধ্যে সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ দ্বারা শোষণ করিয়া প্রধানত সোডিয়াম নাইট্রাইট এবং অল্প সোডিয়াম নাইট্রেটে পরিণত করা হয়।

$NO + NO_2 + Na_2CO_3 = 2NaNO_2 + CO_2$

$2NO_2 + Na_2CO_3 = NaNO_2 + NaNO_3 + CO_2$

আর্ক পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের জন্য প্রচুর পরিমাণ তড়িৎ-ব্যয়িত হয় এবং সেজন্য যে-সব দেশে তড়িৎ-শক্তি সস্তা (যেমন, স্কাণ্ডিনেভিয়ার দেশগুলি) সেই সব দেশগুলিতেই বেশি প্রচলিত।

(c) অ্যামোনিয়ার জারণ পদ্ধতি : অস্টওয়াল্ড পদ্ধতি (Ammonia oxidation process : Ostwald process) : অ্যামোনিয়া জারণ পদ্ধতিই বর্তমানে প্রচলিত নাইট্রিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের সর্বাপেক্ষা বেশি প্রচলিত পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়াকে 920°C তাপমাত্রায় ও 100 psi (প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 100 পাউণ্ড) চাপে প্লাটিনাম অথবা প্লাটিনাম-রোডিয়াম মিশ্রণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে অতিরিক্ত পরিমাণ (ব্যবহৃত অ্যামোনিয়ার আয়তনের প্রায় নয় গুণ) বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করা হয়। গ্যাস-মিশ্রণকে শীতল করিলে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড উপস্থিত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় এবং সেই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডকে অতঃপর জলে শোষিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

(1) $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O +$ উত্তাপ

(2) $2NO + O_2 = 2NO_2 +$ উত্তাপ

$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO -$ উত্তাপ

বিক্রিয়ার উপর বিভিন্ন নির্ধারকের (variables) প্রভাব :

(i) উল্লিখিত প্রথম দুইটি বিক্রিয়ায় অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় বলিয়া বিক্রিয়া-

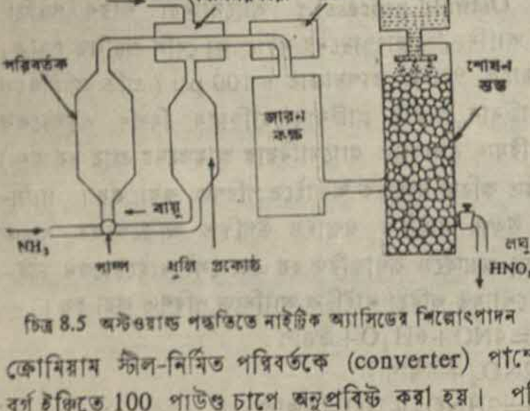
কালে অতিরিক্ত বায়ুর উপস্থিতি প্রয়োজন। বাস্তবে ব্যবহৃত বায়ু ও অ্যামোনিয়ার আয়তনিক অনুপাত 9 : 1, তবে অনেক সময় প্রমাণ চাপে অ্যামোনিয়ার জারণকালে বায়ু ও অ্যামোনিয়ার 7·5 : 1 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রণ ব্যবহার করিয়া শীতক কক্ষে অতিরিক্ত বায়ু অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। কিন্তু উচ্চ চাপের বায়ু মিশ্রণে 10%-এর অধিক অ্যামোনিয়া থাকিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে।

(ii) গ্যাসমিশ্রণকে অতি দ্রুত অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করা প্রয়োজন, অন্যথায় উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড অ্যামোনিয়ার দ্বারা বিজারিত হইয়া আবার নাইট্রোজেনে পরিণত হইতে পারে। $4NH_3 + 6NO = 5N_2 + 6H_2O$

(iii) বিক্রিয়াটি তাপমোচী বলিয়া উচ্চতর তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার রূপান্তরের পরিমাণ কিছু কম হয়, তবু বিক্রিয়াটিকে অর্থনৈতিক উপযোগিতার ভিত্তিতে এক সন্তোষজনক গতিবেগ দিবার জন্য, প্রমাণ চাপে 750°C-800°C তাপমাত্রা অথবা 100 psi (প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 100 পাউণ্ড) চাপে 920°C তাপমাত্রা, সর্বোত্তম তাপমাত্রা (optimum temperature) হিসাবে বজায় রাখা হয়।

(iv) যদিও প্রদর্শিত প্রথম বিক্রিয়াটি (অর্থাৎ, অ্যামোনিয়ার জারণ) হইবার সময় অল্প আয়তন বৃদ্ধি (9 আয়তন হইতে 10 আয়তন) ঘটে এবং উচ্চ চাপে উৎপাদনের পরিমাণ কিছু হ্রাস পায়, তবু আধুনিক পদ্ধতিগুলিতে কিছু বর্ধিত চাপ (100 psi) ব্যবহার করা হয়, কারণ বর্ধিত চাপে পরবর্তী বিক্রিয়াগুলিতে উৎপাদনের পরিমাণ বাড়ে এবং আয়তন সঙ্কোচন হেতু ক্ষুদ্রতর বিক্রিয়া কক্ষ বা পরিবর্তক (converter) ব্যবহার করা চলে।

(v) অনুঘটকের উপস্থিতি অ্যামোনিয়ার জারণ বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করে। সাধারণত, 10% রোডিয়াম-মিশ্রিত প্লাটিনাম তারজালি অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।



চিত্র 8.5 অস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

উত্তমরূপে ধূলিমুক্ত এবং বিশোধিত অ্যামোনিয়া এবং বায়ুকে 1 : 9 আয়তনিক অনুপাতে একটি নিকেল-ক্রোমিয়াম স্টীল-নির্মিত পরিবর্তকে (converter) পাম্পের সাহায্যে প্রায় প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 100 পাউণ্ড চাপে অনুপ্রবিষ্ট করা হয়। পরিবর্তকে রক্ষিত প্লাটিনাম-রোডিয়াম অনুঘটকের তারজালিকে বিক্রিয়ারম্ভের প্রাক্কালে তড়িৎপ্রবাহের সাহায্যে 920°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়, কিন্তু তাপমোচী বিক্রিয়াটি একবার আরম্ভ হইয়া গেলে আর বাহির হইতে উত্তাপ দানের প্রয়োজন হয় না।

পরিবর্তক হইতে নির্গত গ্যাসের উত্তাপ, পরিবর্তকগামী বায়ুকে প্রায় 500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিবার জন্য ব্যবহার করিয়া আংশিকভাবে কমাইয়া ফেলা হয় এবং পরবর্তী পর্যায়ে গ্যাসমিশ্রণকে জলের সাহায্যে আরও শীতল করিয়া আর্ক পদ্ধতির ন্যায় প্রথমে জারণকক্ষে এবং পরে একাধিক শোষণস্তম্ভে প্রেরণ করা হয়। শোষণ স্তম্ভগুলিতে গ্যাসমিশ্রণকে একই প্রণালীতে লঘু হইতে লঘুতর নাইট্রিক অ্যাসিড এবং সর্বশেষে জল দ্বারা শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন: সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে দুইটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়: (a) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Lead Chamber Process) এবং সংস্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process)।

(a) লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি: সালফিউরাস অ্যাসিড বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। কিন্তু বিক্রিয়াটি অতিশয় মন্থরগতি। দেখা গিয়াছে যে, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড অথবা নাইট্রাস অ্যাসিডের উপস্থিতিতে এই জারণ দ্রুতগতিতে হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন যৌগটি বিজারিত হইয়া যে-নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে তাহা অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ুর অক্সিজেনের উপস্থিতিতে পুনরায় জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়, অর্থাৎ অক্সিজেন বাহক হিসাবে কাজ করে।

$$NO_2+SO_2+H_2O=NO+H_2SO_4$$
$$2NO+O_2=2NO_2$$

অন্য আর এক মতে, নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড যাহা প্রকোষ্ঠ কেলাস (chamber crystal) নামে লেড প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন হয়, তাহাই পর্যায়ক্রমে উৎপন্ন ও বিয়োজিত হইয়া প্রকৃত অক্সিজেনবাহকের কাজ করে।

$$2SO_2+NO_2+NO+O_2+H_2O=2\,SO_2(OH).O.NO$$

নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড
বা নাইট্রোসিল সালফিউরিক অ্যাসিড

$$2SO_2(OH).O.NO+H_2O=2\,SO_2(OH)_2+NO_2+NO$$

আবার অনেকে মনে করেন যে, জলের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে বেগুনী বর্ণ নাইট্রোসি সালফোনিক অ্যাসিড বা নাইট্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2SO_3NO_2$) উৎপন্ন করে, যাহা পরবর্তী পর্যায়ে জারিত হইয়া নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। উৎপন্ন নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড অতঃপর সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া প্রকৃত অক্সিজেন বাহক নাইট্রোসিসালফোনিক অ্যাসিড পুনরুৎপন্ন করে।

$SO_2+NO_2+H_2O=H_2SO_3NO_2$ (নাইট্রোসি সালফোনিক অ্যাসিড)

$$4H_2SO_3NO_2+O_2=2H_2O+4\,NOSO_3OH$$

নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড

$$2NOSO_3OH+SO_2+2H_2O\rightleftharpoons 2H_2SO_3NO_2+H_2SO_4$$

লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নয় বলিয়া উহাকে আর বিশদভাবে আলোচনা করা হইল না। ইতিপূর্বে আলোচিত পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত প্রণালীর অনুরূপ প্রণালীতে লেড-নির্মিত প্রকোষ্ঠে সালফার ডাই-অক্সাইড, স্টীম, বায়ু এবং অল্প পরিমাণ নাইট্রোজেন অক্সাইড (NO_2, NO অথবা HNO_3 বাষ্প) চালিত করিয়া 65%-70% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (প্রকোষ্ঠ বা চেম্বার অ্যাসিড) প্রস্তুত করা হয়।

কিন্তু সার্থক শিল্পোৎপাদনের জন্য লেড প্রকোষ্ঠে অনুপ্রবিষ্ট করিবার পূর্বে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে 'গ্লোভার স্তম্ভে' এবং লেড প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত গ্যাসমিশ্রণকে গে-লুসাক স্তম্ভে চালিত করা অত্যাবশ্যক। গে-লুসাক স্তম্ভে লেড প্রকোষ্ঠ নির্গত গ্যাসমিশ্রণ হইতে নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলিকে 78% সালফিউরিক অ্যাসিড (গ্লোভার স্তম্ভ অ্যাসিড) দ্বারা শোষণ করিয়া লওয়া হয় এবং এইরূপে উৎপন্ন 'নাইট্রাস ভিট্রিয়ল' (nitrous vitriol) (প্রধানত, $NOSO_3OH$)-কে চেম্বার অ্যাসিড মিশাইয়া 72% মাত্রায় পরিণত করার পর 'গ্লোভার স্তম্ভে' সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন অক্সাইড হইতে মুক্ত করা হয়। গ্লোভার স্তম্ভে সালফার ডাই-অক্সাইড শীতল ও লেড প্রকোষ্ঠে ব্যবহারোপযোগী হয় এবং 72% সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব বাড়িয়া 78%-এ পরিণত হয়।

(b) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন (Manufacture of Sulphuric acid by Contact process) : সালফার বা আয়রন পাইরাইটিস দহন করিয়া উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডকে অথবা উপজাত সালফার ডাই-অক্সাইডকে বিশুদ্ধ করার পর বায়ুর সহিত মিশ্রিত অবস্থায় 450°C তাপমাত্রায় প্লাটিনাম অনুঘটকের অথবা 575°C তাপমাত্রায় ভ্যানাডিয়াম পেন্ট-অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অতঃপর ঐ সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সহিত 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে উপস্থিত জলের বিক্রিয়া ঘটাইলে সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$S+O_2=SO_2$; $4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$

$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+$উত্তাপ ; $SO_3+H_2O=H_2SO_4$

অনেক সময় SO_3-কে গাঢ় H_2SO_4-এ শোষণ করিয়া ওলিয়ামে পরিণত করিবার পর ওলিয়ামে হিসাবমত জল যোগ করিয়া H_2SO_4 প্রস্তুত করা হয়।

$H_2SO_4+SO_3=H_2S_2O_7$ (ওলিয়াম)

$H_2S_2O_7+H_2O=2H_2SO_4$

শিল্পোৎপাদনে বিভিন্ন নির্ধারকের ভূমিকা

(i) চাপের প্রভাব : সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করাই এই পদ্ধতির কেন্দ্রবিন্দু এবং সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি ($2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+$উত্তাপ) লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, যেহেতু বিক্রিয়ার ফলে আয়তন

কিছু সঙ্কুচিত হয়, তাই বর্ধিত চাপ সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদন বৃদ্ধি করিবে (লা স্যাটেলিয়ার নীতি)। কিন্তু চাপবৃদ্ধির ফলে উৎপাদন খুব বেশি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় না এবং চাপবৃদ্ধি ব্যতীতই অন্য নির্ধারকগুলির উপযুক্ত প্রয়োগের দ্বারা বিক্রিয়া প্রায় সম্পূর্ণ করা যায় বলিয়া কেবলমাত্র গ্যাসচালনার উপযোগী সামান্য বর্ধিত চাপ (1·5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ) ব্যবহার করা হয়।

(ii) অতিরিক্ত বিক্রিয়কের ভূমিকা :

$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ উভমুখী বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক,

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \text{ এবং } K_p = \frac{(p_{SO_3})^2}{(p_{SO_2})^2 \times p_{O_2}} = \frac{N \times (n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2} \times P}$$

যেখানে N=সাম্যাবস্থায় মোট অণুসংখ্যা ; P=সাম্যাবস্থায় মোট চাপ ; n= বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী এক একটি পদার্থের অণুসংখ্যার সূচক এবং p=বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী এক একটি পদার্থের সাম্যাবস্থায় আংশিক চাপের সূচক।

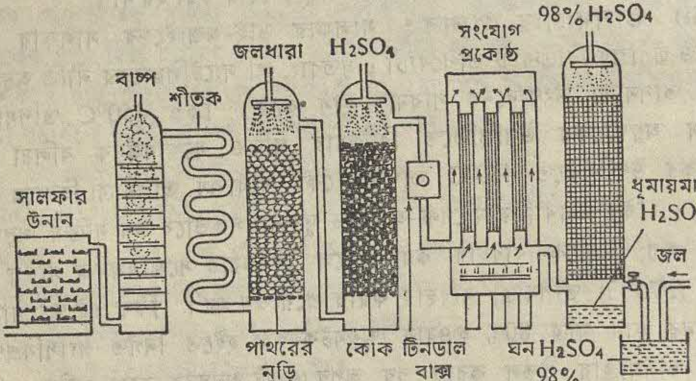
যেহেতু K_p-এর মান নির্দিষ্ট তাই গ্যাসমিশ্রণের মধ্যে আয়তন স্থির রাখিয়া অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন অনুপ্রবিষ্ট করিলে (অর্থাৎ, উহার গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করিলে) সালফার ট্রাই-অক্সাইডের গাঢ়ত্বও বৃদ্ধি পাইবে অর্থাৎ, অধিক পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। কিন্তু বাস্তবে বিক্রিয়াটি স্থির চাপের অবস্থায় করা হয় এবং অক্সিজেনের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করিবার জন্য গ্যাসমিশ্রণে অতিরিক্ত বায়ু মিশাইলে, বায়ুর মধ্যে উপস্থিত নাইট্রোজেনের জন্য মোট অণুসংখ্যা N বাড়িয়া যাওয়ার ফলে n_{SO_3} অর্থাৎ, উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডের অণুসংখ্যা কমিয়া যায়। সেজন্য বিক্রিয়ায় অতিরিক্ত বায়ু ব্যবহার করা হয় না।

(iii) তাপমাত্রার প্রভাব : সালফার ডাই-অক্সাইডের সালফার ট্রাই-অক্সাইডে রূপান্তর বিক্রিয়াটি তাপমোচী ; সুতরাং, লা সাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী উচ্চতর তাপমাত্রা উৎপাদনের পরিমাণ হ্রাস করে। কিন্তু 450°C তাপমাত্রায় প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতিও সন্তোষজনক বলিয়া উক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450°C তাপমাত্রাকেই সর্বোত্তম তাপমাত্রা হিসাবে গ্রহণ করা হয়। কিন্তু ভ্যানাডিয়াম পেন্ট-অক্সাইড তুলনামূলকভাবে কম সক্রিয় অনুঘটক হওয়ার জন্য, উহাকে ব্যবহার করা হইলে বিক্রিয়ার সন্তোষজনক গতির জন্য উচ্চতর (575°C) তাপমাত্রা ব্যবহার করার প্রয়োজন হয়। কিন্তু এই তাপমাত্রায় উৎপাদনের হার মাত্র 80% হওয়ায় অনুঘটক-কক্ষ হইতে নির্গত গ্যাসমিশ্রণকে 450°C তাপমাত্রায় শীতল করার পর অপর একটি অনুঘটক কক্ষে চালিত করিয়া বিক্রিয়াকে প্রায় সম্পূর্ণ করা হয়।

(iv) অনুঘটকের ভূমিকা : অনুঘটকের অনুপস্থিতিতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতির বিক্রিয়া এত শ্লথগতি যে, অনুঘটকের উপস্থিতি ব্যতীত শিল্পোৎপাদন সার্থক হইতে পারে না। পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, এতদুদ্দেশে 450°C তাপমাত্রায়

প্লাটিনাম অনুঘটক অথবা 575°C ও 450°C তাপমাত্রায় রক্ষিত দুইটি স্বতন্ত্র কক্ষবিশিষ্ট পরিবর্তকে ভ্যানাডিয়াম পেন্ট-অক্সাইড অনুঘটক ব্যবহৃত হয়। প্লাটিনাম সক্রিয়তর অনুঘটক হইলেও ইহা সহজে বিষাক্ত (poisoned) হয় বলিয়া এবং ইহার মহার্ঘতার জন্য আধুনিক কালে অধিকাংশ পদ্ধতিতে কম মূল্যবান ভ্যানাডিয়াম পেন্ট-অক্সাইড অনুঘটক ব্যবহার করা হয়। কিন্তু যেহেতু ভ্যানাডিয়াম পেন্ট-অক্সাইড অনুঘটক একবার বিষাক্ত হইয়া যাইলে উহাকে আর সহজে পুনরুজ্জীবিত করা যায় না কিন্তু প্লাটিনাম অনুঘটককে করা যায়, সেই হেতু এখনও অনেকে অনুঘটক হিসাবে প্লাটিনামকে বেশি পছন্দ করেন। অনুঘটক যত চূর্ণাকৃতি হয় ততই উহার সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায় বলিয়া সর্বদা অনুঘটককে সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম চূর্ণ হিসাবে ব্যবহার করা হয়। অনুঘটক যাহাতে ধূলিকণা বা অনুঘটক-বিষে উহার সক্রিয়তা হারাইয়া না ফেলে সেজন্য বিক্রিয়কগুলিকে উত্তমরূপে বিশোধিত করা প্রয়োজন। কিন্তু অতি উত্তমরূপে বিশোধিত বিক্রিয়ক ব্যবহার করা হইলেও অনুঘটক ধীরে ধীরে সক্রিয়তা হারাইয়া ফেলে এবং তখন উহাকে পরিবর্তিত অথবা পুনরুজ্জীবিত করিতে হয়।

(v) **সালফার ট্রাই-অক্সাইড শোষণের সমস্যা ঃ** পূর্বোক্ত বিক্রিয়ায় প্রস্তুত সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে জলের মধ্যে চালিত করিলে উহা জলের সংস্পর্শে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সালফিউরিক অ্যাসিড বিন্দুতে পরিণত হইয়া ঘন কুয়াসার আকার ধারণ করে যাহা সংগ্রহ করা দুঃসাধ্য হয়। তাই সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে 98% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে চালিত করিয়া উহার মধ্যে উপস্থিত জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা 98% রাখিবার উদ্দেশ্যে একই সঙ্গে উহার মধ্যে অল্প অল্প জল যোগ করা হয়।



চিত্র 8.6 স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

শিল্পোৎপাদনের বিবরণ ঃ

(i) **সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ** প্রথমে একটি সালফার চুল্লীতে (sulphur kiln) অথবা পাইরাইটিস দাহকে (pyrites burner) হিসাব অনুযায়ী

অতিরিক্ত শুষ্ককৃত বায়ুর সাহায্যে সালফার বা পাইরাইটিস দহন করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

(ii) **গ্যাসমিশ্রণ বিশোধন ঃ** অতঃপর উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড, অতিরিক্ত অক্সিজেন ও উপস্থিত নাইট্রোজেন মিশ্রণ হইতে একটি ধূলি নিবারক কক্ষের (Dust chamber) মধ্যে স্টীম চালনার সাহায্যে ধূলি থিতাইয়া দেওয়া হয়। ধূলিমুক্ত মিশ্রণ একটি লেড কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া চালিত করিয়া শীতল করা হয় এবং শীতলীকৃত গ্যাসমিশ্রণকে পর্যায়ক্রমে একটি স্তম্ভে জলধারা দ্বারা ধৌত ও অপর একটি স্তম্ভে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা হয়। অবশেষে বিশোধিত ও শুষ্ককৃত গ্যাসমিশ্রণকে টিনডাল বাক্সের মধ্যে আলোকিত করিয়া স্বচ্ছতা পরীক্ষা করা হয় [আলোক-রশ্মির গতিপথকে লম্বভাবে নিরীক্ষণ করিলে গ্যাসে ভাসমান অতি সূক্ষ্ম ধূলিকণাও আলোক বিক্ষিপ্ত করিয়া দৃষ্টিগোচর হয় এবং ইহাকে টিনডাল ক্রিয়া (Tyndal effect) বলে]।

(iii) **সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ** টিনডাল বাক্সে পরীক্ষা করিয়া গ্যাস-মিশ্রণকে সম্পূর্ণ ধূলিশূন্য দেখার পর উহাকে 'তাপবিনিময়কারী' সংযুক্ত 'পরিবর্তক' (converter) অথবা 'সংযোগ প্রকোষ্ঠে' (contact chamber) প্রেরণ করা হয়। 'তাপবিনিময়কারী' (Heat exchanger)-তে বহির্গামী গ্যাস মিশ্রণ দ্বারা প্রবেশশীল গ্যাসমিশ্রণ উত্তপ্ত হয় এবং বহির্গামী গ্যাসমিশ্রণের তাপমাত্রা কমিয়া যায়। প্লাটিনাম অনুঘটকের ক্ষেত্রে সাধারণত 450°C তাপমাত্রায় রক্ষিত এক-কক্ষ-বিশিষ্ট পরিবর্তক ব্যবহার করা হয়, কিন্তু ভ্যানাডিয়াম পেন্ট-অক্সাইড অনুঘটকের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় দ্বিকক্ষ-বিশিষ্ট এমন এক পরিবর্তক, যাহার মধ্যে প্রথমটির তাপমাত্রা 575°C এবং দ্বিতীয়টির 450°C।

(iv) **সালফার ট্রাই-অক্সাইড শোষণ ঃ** পরিবর্তক হইতে নির্গত সালফার ট্রাই-অক্সাইড তাপ-বিনিময়কারীতে শীতল হইবার পর বয়লারের ভিতর দিয়া চালিত হইয়া আরও শীতল হয় (ছবিতে প্রদর্শিত হয় নাই) এবং প্রায় 140°C তাপমাত্রায় একটি শোষক স্তম্ভে প্রবেশ করে। এখানে ঊর্ধ্বগামী সালফার ট্রাই-অক্সাইডের স্রোতধারা নিম্নগামী 98% ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের স্রোতধারার সাক্ষাৎ লাভ করে এবং উহার মধ্যে উপস্থিত জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ফলে 98% সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব আরো বাড়িয়া যায় এবং উহার গাঢ়ত্ব 98% রাখিবার জন্য উহার মধ্যে নির্ধারিত পরিমাণ জল বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। অনেক সময় সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে প্রথম পর্যায়ে একটি কক্ষে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষণ করিয়া ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়। সালফার ট্রাই-অক্সাইডের যেটুকু অংশ ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড কক্ষে শোষিত হয় না, তাহাকে দ্বিতীয় পর্যায়ে পূর্বোক্ত পদ্ধতিতে 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণরূপে শোষণ করিয়া লওয়া হয়। ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়ামের মধ্যে অতিরিক্ত

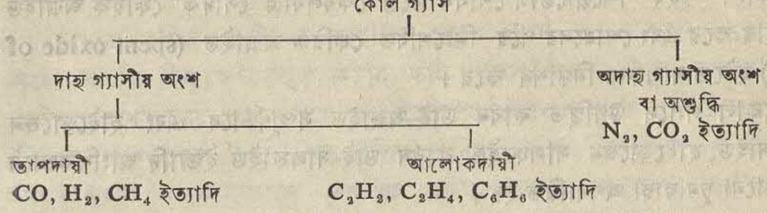
পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড উপস্থিত থাকে এবং উপস্থিত অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইডের পরিমাণ অনুযায়ী উহাকে 20% ওলিয়াম, 40% ওলিয়াম, 60% ওলিয়াম বা 100% ওলিয়াম নামে চিহ্নিত করা হয়। ওলিয়াম শোষণ কক্ষে সাধারণত 20% ওলিয়াম প্রস্তুত করা হয়। উহাকে পাতিত করিলে উচ্চতর মাত্রার ওলিয়াম পাওয়া যায়। 100% ওলিয়াম 'সালফান' নামে পরিচিত। ওলিয়ামে উপযুক্ত পরিমাণ জল মিশাইলে ঘন H_2SO_4 পাওয়া যায়।

কোল গ্যাসের শিল্পোৎপাদন : কয়লার অন্তর্ধূমপাতন করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া বিভিন্ন কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয়। উৎপন্ন পদার্থগুলির প্রকৃতি ও পরিমাণ, ব্যবহৃত তাপমাত্রা ও কয়লার প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। কয়লার অন্তর্ধূমপাতনকালে 500°C হইতে 1200°C তাপমাত্রা ব্যবহৃত হইতে পারে। অন্তর্ধূমপাতনের তাপমাত্রা 800°C-এর কম হইলে পদ্ধতিকে 'নিম্নতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণ' (Low temperature carbonisation) এবং 800°C-এর বেশি হইলে 'উচ্চতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণ' (High temperature carbonisation) বলে। নিম্নতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের পরিমাণ অল্প এবং তরল পদার্থের পরিমাণ অধিক, কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রা অঙ্গারীকরণে তুলনামূলকভাবে অধিক পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ এবং অল্প পরিমাণ তরল পদার্থ উৎপন্ন হয়। কয়লার অঙ্গারীকরণের ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ 'কোল গ্যাস' নামে পরিচিত। যেহেতু উচ্চতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণে অধিক পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ পাওয়া যায় তাই কোল গ্যাস উৎপাদন মুখ্য উদ্দেশ্য হইলে সাধারণত উচ্চতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণ পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন তাপমাত্রার অঙ্গারীকরণে প্রাপ্ত কোল গ্যাসের মধ্যে নিম্নলিখিত গ্যাসগুলি গড়ে প্রদত্ত আয়তনিক অনুপাতে উপস্থিত থাকে :

	নিম্নতাপমাত্রা পদ্ধতি (500°C)	উচ্চতাপমাত্রা পদ্ধতি (1000°C)
H_2	10·0	50·0
CO	5·5	8·0
CH_4 এবং অন্যান্য অ্যালকেন	65·0	34·0
অন্যান্য হাইড্রোকার্বন	8·0	3·5
CO_2	9·0	2·5
N_2	2·5	2·0

কোলগ্যাসে উপস্থিত গ্যাসগুলিকে উহাদের প্রকৃতি অনুযায়ী দুইভাগে বিভক্ত করা যায়; (*i*) দাহ্য গ্যাসীয় অংশ : যথা, হাইড্রোজেন, মিথেন, কার্বন মনোক্সাইড, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন বাষ্প ইত্যাদি এবং (ii) অদাহ্য গ্যাসীয় অংশ বা অশুদ্ধি : যথা, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি। দাহ্য গ্যাসগুলিকে আবার দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় (a) আলোকদায়ী, যথা,

ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন বাষ্প ইত্যাদি এবং (b) তাপদায়ী, যথা—হাইড্রোজেন, কার্বনমনোক্সাইড মিথেন ইত্যাদি।



কোল গ্যাস উৎপাদন পদ্ধতি (উচ্চতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণ) ঃ কোল-গ্যাস শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে সারিবদ্ধভাবে সজ্জিত অনেকগুলি অগ্নিসহ মৃত্তিকা-নির্মিত বক্‌যন্ত্রে (retort) চূর্ণিত নরম কয়লা বা বিটুমিনাস কয়লা লইয়া উহাদিগকে প্রোডিউসার গ্যাসের দহনের সাহায্যে 800°C-1000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। অন্তর্ধূমপাতনের ফলে কয়লায় উপস্থিত জৈবপদার্থগুলি বিয়োজিত হইয়া যে-উদ্বায়ী অংশ সৃষ্টি করে, তাহা 'উত্থান নল' (ascension pipe) বাহিয়া বাহিরে আসে এবং 'হাইড্রলিক মেন'-নামে পরিচিত আনুভূমিক পাত্রে প্রবেশ করে। এখানে গ্যাস-বাষ্প মিশ্রণ প্রায় 75°C তাপমাত্রায় শীতল হইবার ফলে উহার মধ্যে উপস্থিত কম উদ্বায়ী বাষ্পের একাংশ তরলীভূত হইয়া টার ওয়েলে (tar well) গড়াইয়া আসে এবং অতরলীভূত অংশ বায়ুদ্বারা শীতলীকৃত উল্লম্ব নলে সজ্জিত শীতকে প্রবেশ করিয়া প্রায় 30°C তাপমাত্রায় শীতল হয়। শীতক নলে শীতল হইবার ফলে গ্যাসবাষ্প মিশ্রণে উপস্থিত কম উদ্বায়ী অংশের প্রায় সবটুকু তরলীভূত হইয়া 'টারওয়েল' সঞ্চিত হয় এবং সুস্পষ্টভাবে দুইটি বিভিন্ন স্তরে পৃথক হইয়া যায়। উপরের জলীয় স্তরে অ্যামোনিয়া এবং উহার বিভিন্ন লবণ দ্রবীভূত থাকে এবং উহাকে 'অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার' বলে। নীচের তৈলাক্ত স্তরে উপস্থিত থাকে বিভিন্ন জৈব অ্যারোমেটিক যৌগ এবং উহাকে কোল টার (coal tar) বা আলকাতরা বলে।

অনেক সময় কোল গ্যাস হইতে কোল টার ও অ্যামোনিয়াকে সম্পূর্ণরূপে নিষ্কাশন করার জন্য শীতক হইতে নিষ্ক্রান্ত গ্যাসকে উচ্চ চাপে যথাক্রমে 'আলকাতরা নিষ্কাশক' (tar extractor) প্রকোষ্ঠে এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ 'সম্পৃক্তক' (saturator) প্রকোষ্ঠে চালনা করা হয়। কিন্তু এই পরবর্তী পর্যায় দুইটি ব্যবহৃত হউক বা নাই হউক, শীতক হইতে নিষ্ক্রান্ত কোল গ্যাসকে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করিবার পূর্বে, উহার মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেন সালফাইড, হাইড্রোজেন সায়ানাইড ইত্যাদি অশুদ্ধি দূর করা আবশ্যক। এজন্য শীতক হইতে নিষ্ক্রান্ত গ্যাসকে পর্যায়-ক্রমে একটি কোকচূর্ণে পূর্ণ 'ধৌতিস্তম্ভ বা স্ক্রাবারের' (scrubber) এবং সোদক ফেরিক অক্সাইড বা ফোটানো চুনবাহী ট্রে (tray) দ্বারা সজ্জিত 'শোধনস্তম্ভের' (purifier) মধ্য দিয়া চালনা করিয়া গ্যাস আধারে সংগ্রহ করা হয়। সাধারণত

ক্ষুদ্রায়তন শিল্পোদ্যোগের শোধনস্তম্ভে ফোটানো চুন অথবা পর্যায়ক্রমে ফোটানো চুন এবং সোদক ফেরিক অক্সাইড ব্যবহার করিয়া গ্যাস শোধন করা হইলেও অধিকাংশ বৃহৎ শিল্পোদ্যোগ শোধন স্তম্ভে কেবলমাত্র সোদক ফেরিক অক্সাইড ব্যবহার করে এবং শোধনের পরে নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইড (spent oxide of iron) হইতে সালফার নিষ্কাশন করে।

কোল গ্যাসে উপস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণভাবে এবং হাইড্রোজেন সায়ানাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, কার্বন ডাই-সালফাইড ইত্যাদি আংশিকভাবে ফোটানো চুন দ্বারা অপসারিত হয়।

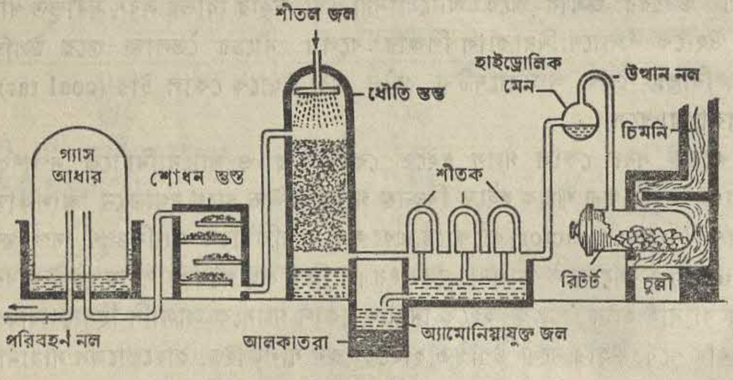
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + 2HCN = Ca(CN)_2 + 2H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + 2H_2S = Ca(HS)_2 + 2H_2O$$
$$Ca(HS)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaS + 2H_2O$$
$$CaS + CS_2 = CaCS_3$$

শোধন স্তম্ভে সোদক ফেরিক অক্সাইড ব্যবহৃত হইলে নিম্নলিখিতরূপে বিক্রিয়াগুলি ঘটে :

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$
$$2Fe(OH)_3 + 6HCN = 2Fe(CN)_3 + 6H_2O$$

সোদক ফেরিক অক্সাইডের বহিস্তল হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরিক সালফাইডে রূপান্তরিত হইতে হইতে উহার শোষণক্ষমতা হারাইয়া ফেলে এবং তখন ঐ নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইডকে (spent oxide of iron) খোলা বাতাসে রাখিয়া পুনরুজ্জীবিত (revivify) করা হয়।

$$2Fe_2S_3 + 6H_2O + 3O_2 = 4Fe(OH)_3 + 6S$$



চিত্র 8.7 কোল গ্যাসের শিল্প প্রস্তুতি

পুনরুজ্জীবনের ফলে সালফার পৃথক হইয়া যায় এবং পুনরুজ্জীবিত ফেরিক অক্সাইডকে পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এইরূপে বারে বারে ব্যবহারের ফলে নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইডে সালফারের পরিমাণ বাড়িতে থাকে এবং যখন উহা

বাড়িয়া 50%-এর অধিক হয় তখন উহাকে উপযুক্ত দ্রাবকের সাহায্যে নিষ্কাশন করা হয় অথবা সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের জন্য সরাসরি পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

সোদক ফেরিক অক্সাইডের সাহায্যে কোল গ্যাস শোধন করা হইলে উহার মধ্যে অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত কার্বন ডাই-সালফাইডকে দূরীভূত করা যায় না। সেইজন্য অনেক সময় শোধন স্তম্ভে পাঠাইবার পূর্বে কোল গ্যাসকে 430°C তাপমাত্রায় নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিয়া উহার ভিতরকার কার্বন ডাই-সালফাইডকে (কোলগ্যাসে উপস্থিত হাইড্রোজেনের সাহায্যে) হাইড্রোজেন সালফাইডে পরিণত করা হয়। $CS_2+2H_2=C+2H_2S$

কোল গ্যাস উৎপাদনে উপজাত দ্রব্য ও উহাদের ব্যবহার

(a) কোক (Coke): কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের পর বকযন্ত্রের তলদেশে যে-কালো অবশিষ্ট পড়িয়া থাকে তাহাই কোক। কাঁচা কয়লার তুলনায় কোক জ্বলিবার সময় অনেক কম ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। তাই জ্বালানি হিসাবে ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। নিম্নতাপমাত্রার অঙ্গারীকরণে (L. T. C.) প্রাপ্ত কোক অপেক্ষাকৃত নরম, সহজ দাহ্য এবং পুড়িবার সময় ধোঁয়ার সৃষ্টি করে না বলিয়া গৃহস্থালীতে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়। অন্যদিকে উচ্চতাপমাত্রার অঙ্গারীকরণে (H. T. C.) প্রাপ্ত কোক শক্ত এবং জ্বলিবার সময় অল্প ধোঁয়া সৃষ্টি করে। ইহা ধাতুনিষ্কাশনে বিজারক হিসাবে এবং ওয়াটার গ্যাস বা প্রডিউসার গ্যাস উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(b) গ্যাস কার্বন (Gas carbon): কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের পর বকযন্ত্রের ভিতরের উর্ধ্বাংশে উদ্বায়ী হাইড্রোকার্বনের তাপবিয়োজনে সৃষ্ট কার্বনের একটি শক্ত আস্তরণ গঠিত হয়। ইহাই গ্যাস কার্বন। গ্যাস কার্বন তড়িতের সুপরিবাহী বলিয়া ইহাকে বিভিন্ন প্রকার তড়িৎ-কোষে তড়িৎ-দ্বার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

(c) আলকাতরা (Coal tar): কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের শেষে টারওয়েলে সঞ্চিল তরলের নিম্নস্তরে যে-কালো, দুর্গন্ধযুক্ত, আঠালো তরলপদার্থ পাওয়া যায়, তাহাই আলকাতরা। H. T. C. পদ্ধতিতে প্রাপ্ত আলকাতরায় অ্যারোমেটিক যৌগ অধিক পরিমাণে উপস্থিত থাকে এবং এই আলকাতরাকে আংশিক পাতন করিয়া, বেঞ্জিন, টলুইন, ন্যাপথালিন, কার্বলিক অ্যাসিড, ক্রিয়োজোট তৈল, অ্যানথ্রাসিন ইত্যাদি মূল্যবান সামগ্রী পাওয়া যায়। আবার এই সামগ্রীগুলিকে ব্যবহার করিয়া বহুবিধ রঞ্জক পদার্থ, ঔষধ, সুগন্ধি, বিস্ফোরক পদার্থ, প্লাস্টিক, স্যাকারিন ইত্যাদি প্রস্তুত করা হয়। পক্ষান্তরে L. T. C. পদ্ধতিতে প্রাপ্ত আলকাতরা পরিমাণে অধিক, কম সান্দ্র এবং ইহার মধ্যে প্যারাফিন ও সাইক্লো-প্যারাফিন জাতীয় যৌগই প্রধানত উপস্থিত থাকে। সেজন্য, ইহাকে পাতিত এবং হাইড্রোজেনেট করিয়া মোটরগাড়ির জ্বালানি তৈল প্রস্তুত করা হয়।

(d) অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার (Ammoniacal liquor) : টারওয়েলে সঞ্চিত তরলের উপরের স্তরে অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার বলে। ফোটানো চুনের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ইহা হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত অ্যামোনিয়াকে সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করিলে যে-অ্যামোনিয়াম সালফেট কেলাস পাওয়া যায়, তাহার সার হিসাবে বিপুল চাহিদা আছে।

(e) নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড (Spent oxide of iron) : শোধন-স্তম্ভে ব্যবহৃত সোদক ফেরিক অক্সাইডের হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণের ক্ষমতা খুব কমিয়া গেলে, উহাকে নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইড বলা হয়। নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইডকে তখন খোলা বাতাসে রাখিয়া পুনরুজ্জীবিত করিলে, সোদক ফেরিক অক্সাইডের পুনরুৎপত্তির সঙ্গে সঙ্গে কিছু সালফারও উৎপন্ন হয়। পুনরুজ্জীবিত ফেরিক অক্সাইডকে বারে বারে ব্যবহার করিলে এই সালফারের পরিমাণ বাড়িতে থাকে এবং শেষপর্যন্ত যখন উহা 50%-এ পরিণত হয়, তখন উহাকে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনের অন্যতম প্রধান উৎস। এতদ্ব্যতীত নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইডকে অনেক সময়ে পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইড প্রস্তুতিতে সরাসরি ব্যবহার করা হয়।

(f) নিঃশেষিত চুন (Spent lime) : শোধন স্তম্ভে ব্যবহৃত চুনের শোষণ-ক্ষমতা কমিয়া গেলে, তাহাকে নিঃশেষিত চুন বলে। নিঃশেষিত চুনকে সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

জ্বালানি (Fuel)

যে-সকল দাহ্য পদার্থ বায়ুর অক্সিজেনে দহন করিয়া দহনজাত উত্তাপকে গৃহস্থালীতে বা শিল্পে, রন্ধনকার্যে, শিল্পোৎপাদনে অথবা যান্ত্রিক বা অন্যান্য শক্তি উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়, তাহাদের জ্বালানি বলে। সাধারণ জ্বালানি মাত্রই কার্বন অথবা কার্বনঘটিত যৌগ। জ্বালানিকে তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় : কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয়।

জ্বালানি

কঠিন	তরল	গ্যাসীয়
বিভিন্নপ্রকার কয়লা (পিট, লিগনাইট, বিটুমিনাস, অ্যানথ্রাসাইট), কোক, ব্রিকেট (গুল) কাঠ, কাঠকয়লা, ইত্যাদি।	পেট্রোলিয়ামজাত সামগ্রী (যথা, পেট্রোল, কেরোসিন, ডিজেল, ফারনেস অয়েল) সংশ্লেষিত তরল জ্বালানি, পাওয়ার অ্যালকোহল ইত্যাদি।	প্রাকৃতিক গ্যাস, কোল গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস, সেমি ওয়াটার গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস, কার্বুরেটেড ওয়াটার গ্যাস ইত্যাদি।

এই তিন শ্রেণীর জ্বালানির উপযোগিতার তুলনা করিলে দেখা যায় যে, সাধারণত কঠিন জ্বালানি সর্বাপেক্ষা সস্তা এবং গ্যাসীয় জ্বালানি তুলনামূলকভাবে মহার্ঘ। বিভিন্নপ্রকার তরল জ্বালানির মূল্যে প্রচুর পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। তবে যে-সব তরল জ্বালানি বিমান বা মোটরগাড়ি

চালাইবার পক্ষে অনুপযুক্ত, গৃহস্থালী ও শিল্পে ব্যবহৃত সেই সব তরল জ্বালানির মূল্য সাধারণত কঠিন জ্বালানি ও গ্যাসীয় জ্বালানির মধ্যবর্তী। কিন্তু পরিচ্ছন্নতা ও দহনকার্য নিয়ন্ত্রণের সুবিধার দিক হইতে বিবেচনা করিলে, গ্যাসীয় জ্বালানি সর্বোত্তম, তরল জ্বালানি মধ্যম এবং কঠিন জ্বালানি নিকৃষ্টতম।

কঠিন জ্বালানি (Solid fuels)

কয়লা (Coal)

কঠিন জ্বালানিগুলির মধ্যে কয়লা সর্বপ্রধান। প্রাগৈতিহাসিক যুগের উদ্ভিদ মাটির নীচে সীমিত অক্সিজেন, উচ্চ চাপ এবং সম্ভবত উত্তাপের প্রভাবে ধীরে ধীরে বিয়োজিত হইয়া কয়লায় পরিণত হয়। উপরি-উক্ত রাসায়নিক বিয়োজনের অগ্রগতির সঙ্গে সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জল, মিথেন ইত্যাদি নির্গত হয় এবং অবশিষ্টাংশে কার্বনের অনুপাত বাড়িতে থাকে। পরিবেশ হইতে বিভিন্ন অজৈব যৌগও কয়লার মধ্যে আসিয়া মিশ্রিত হয় এবং কয়লার দহনের পর এগুলিকে ভস্মের মধ্যে উপস্থিত থাকিতে দেখা যায়। উদ্ভিদদেহের কয়লায় রূপান্তর প্রক্রিয়ার ক্রম নিম্নরূপ :

পিট, লিগনাইট, বিটুমিনাস, এবং অ্যানথ্রাসাইট। অনেকের মতে এই রূপান্তরের শেষ পর্যায় গ্রাফাইট।

নিম্নে বিভিন্ন শ্রেণীর কঠিন জ্বালানির এবং তুলনার সুবিধার জন্য পেট্রোলিয়াম ও কোল গ্যাসের গড় তাপনমূল্য ও সংযুতি দেওয়া হইল।

জ্বালানি	%কার্বন	%হাইড্রোজেন	%অক্সিজেন	তাপন মূল্য $\frac{\text{বি.টি.ইউ.}}{\text{পাউণ্ড}}$
কাঠ	50	6·0	44·0	7400
পিট	60	5·9	34 1	9900
লিগ্‌নাইট	67	5·2	27·8	11700
বিটুমিনাস	88·4	5·6	6·0	14950
অ্যানথ্রাসাইট	94·1	3·4	2·5	15720
বিশুদ্ধ চারকোল (কাঠকয়লা)	100	—	—	14544
পেট্রোলিয়াম	85·5	14·2	0·3	19800
কোল গ্যাস	—	—	—	19220

অবশ্য প্রদত্ত সংখ্যাগুলি গড় হিসাব মাত্র। বিভিন্ন উৎস হইতে আহৃত একই শ্রেণীভুক্ত কয়লার মধ্যে গড় হিসাব হইতে বেশ কিছু পার্থক্য পরিলক্ষিত হইতে পারে। এমন অনেক অঞ্চল আছে যেখানকার বিটুমিনাস কয়লার তাপনমূল্য অ্যানথ্রাসাইট কয়লার গড় তাপনমূল্য অপেক্ষা বেশি।

পিট : হালকা বাদামী রং। মূল উদ্ভিদের গঠন স্পষ্ট চোখে পড়ে। উচ্চ মাত্রায় (2%) নাইট্রোজেন আছে এমন কিছু কিছু পিট কয়লাকে সার হিসাবে ব্যবহার করা চলে। পিট কয়লায় উপস্থিত জলের পরিমাণে প্রচুর পার্থক্য থাকিতে পারে। তাই তাপনমূল্যের বিভিন্নতাও খুব বেশি। ভারতবর্ষে নীলগিরি পর্বত অঞ্চলে, কলিকাতার নিকট হুগলী নদীর দুই ধারে, কাশ্মীরে এবং নেপালে পিট কয়লা দেখিতে পাওয়া যায়। তবে কাশ্মীর ও নেপালের পিট কয়লার তাপনমূল্য প্রায় লিগনাইটের মত উচ্চ।

লিগনাইট : দুই প্রকার লিগনাইট দেখিতে পাওয়া যায় : বাদামী কয়লা ও কালো লিগ্‌নাইট। বাদামী কয়লায় জলীয় অংশ বেশি। শুষ্ক করার সময়ে ইহা চূর্ণে পরিণত হয় এবং

মধ্যে মধ্যে অক্সিজেন শোষণ করিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে। ইহার মধ্যেও কাষ্ঠের গঠন লক্ষ্য করা যায়। কালো লিগনাইট সাব-বিটুমিনাস নামেও পরিচিত। ইহার জলীয় অংশ কম এবং কাষ্ঠের গঠন অনুপস্থিত। বাদামী কয়লাকে প্রডিউসার গ্যাস উৎপাদনে এবং ব্রিকেটে পরিণত করিয়া জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়। ভারতবর্ষে আসাম এবং দক্ষিণ আরকট অঞ্চলে লিগনাইটের খনি আছে।

বিটুমিনাস বা সাধারণ কয়লা ঃ ইহা ধোঁয়া-ভরা উজ্জ্বল শিখাসমেত জ্বলে। দহনের সময় নরম হইয়া পিণ্ডে পরিণত হইলে বিটুমিনাস কয়লাটিকে কেকিং (caking) এবং না হইলে নন-কেকিং (non-caking) বলা হয়।

অল্প উদ্বায়ী অংশযুক্ত কেকিং কয়লাকে ধাতুবিদ্যায় ব্যবহৃত কোক প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। অধিক উদ্বায়ী অংশযুক্ত অর্থাৎ দীর্ঘ-শিখার কয়লাকে ব্যবহার করা হয় গ্যাস এবং আলকাতরা উৎপাদনের কাজে। ভারতবর্ষে রানীগঞ্জ, ঝরিয়া, বোকারো অঞ্চলে এবং মহানদী, ব্রাহ্মণী, গোদাবরী, শোন ইত্যাদি নদী নদের অববাহিকার নিকটে উচ্চ মানের বিটুমিনাস কয়লা পাওয়া যায়। তবে এগুলির মধ্যে ভস্মের অংশ বেশি থাকে।

অ্যানথ্র্যাসাইট ঃ এই শ্রেণীর কয়লাখনির সংখ্যা সীমিত। সাউথ ওয়েলস, পেনিসিলভ্যানিয়া এবং প্রধানত চীনদেশে এই শ্রেণীর কয়লা দেখিতে পাওয়া যায়। হিমালয়ে দার্জিলিং সংলগ্ন অঞ্চলে কিছু অ্যানথ্র্যাসাইট কয়লা আছে। এই শ্রেণীর কয়লা শক্ত, চকচকে এবং হাতে ধরিলে হাত ময়লা হয় না। ইহাতে গন্ধক নাই, ভস্মের অংশও কম। ইহার দহনকালে ধোঁয়া উৎপন্ন হয় না। সাধারণত স্টীম উৎপাদনে এবং ধাতুবিদ্যায় ইহা ব্যবহৃত হয়।

কোক (Coke)

কয়লাকে উচ্চ তাপমাত্রায় (800°-1200°C) অথবা মধ্যম উচ্চ তাপমাত্রায় (500°-700°C) অন্তর্ধূমপাতন করিয়া উহার মধ্য হইতে উদ্বায়ী অংশগুলিকে দূরীভূত করিলে যে অবশেষ পাওয়া যায় তাহাই কোক। কয়লা হইতে কোক উৎপাদন পদ্ধতিকে কয়লার অঙ্গারীকরণ বলে। ইতিপূর্বেই কোল গ্যাস শিল্পোৎপাদন প্রসঙ্গে নিম্নতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণ ও উচ্চতাপমাত্রা অঙ্গারীকরণ এবং ঐরূপ অঙ্গারীকরণের ফলে প্রাপ্ত কোক সম্পর্কে আলোচনা করা হইয়াছে।

ব্রিকেট (Briquette)

কয়লা বা কোকচূর্ণ সুলভ। ঐরূপ চূর্ণকে মৃত্তিকা বা অন্য কোন উপযুক্ত আঠালো দ্রব্য (আলকাতরা, পিচ, কাগজকলের বর্জ্য তরল ইত্যাদি) এবং চাপের সাহায্যে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পিণ্ডে পরিণত করিয়া ব্রিকেট প্রস্তুত করা হয়। মৃত্তিকা ব্যবহার করিলে উৎপন্ন ব্রিকেটের তাপন মূল্য কমিয়া যায় বলিয়া উৎকৃষ্ট মানের ব্রিকেটে ব্যবহার করা হয় না। উৎকৃষ্ট মানের ব্রিকেট প্রস্তুত করার পর মধ্যম উচ্চতাপমাত্রায় তাপিত করিয়া উহার ভিতর হইতে দুর্গন্ধযুক্ত আপত্তিকর উদ্বায়ী অংশকে দূরীভূত করা প্রয়োজন। অধুনা আমাদের দেশে লিগনাইট বা বাদামী কয়লা চূর্ণের সাহায্যে ব্রিকেট প্রস্তুতির এক বৃহৎ শিল্পোদ্যোগ শুরু হইয়াছে।

কাঠ ও কাঠকয়লা (Wood and Charcoal)

কাঠ গড়ে প্রায় 26% লিগনিন এবং 74% সেলুলোজ দ্বারা গঠিত। তাপনমূল্য অধিক না হইলেও কম ভস্মাংশ এবং সহজদাহ্যতার জন্য ইহা উৎকৃষ্ট জ্বালানি। সহজলভ্য বলিয়া আমাদের দেশে গ্রামাঞ্চলে প্রচুর পরিমাণ কাঠ জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু ইহাকে আরো অধিক গুরুত্বপূর্ণ উদ্দেশ্যে, আসবাবপত্র, গৃহনির্মাণ, কাগজশিল্প ইত্যাদিতে ব্যবহার করা যায়। এমনকি যে-সব কাঠকে উপরি-উক্ত উদ্দেশ্যসাধনে ব্যবহার করা যায় না, সেগুলিকেও সরাসরি জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করিলে, উহাদের মধ্যে উপস্থিত অনেকগুলি মূল্যবান সম্ভাব্য উপজাত সামগ্রীর অপচয় ঘটে। সেজন্য অনুরূপ ক্ষেত্রে অন্তর্ধূমপাতনের সাহায্যে কাঠের উদ্বায়ী অংশগুলিকে

নিষ্কাশিত করিয়া, অবশেষ হিসাবে প্রাপ্ত কাঠকয়লাকে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা অধিক যুক্তিযুক্ত।

কাঠের অন্তর্ধূমপাতন (**Destructive distillation of wood**) : কাঠের অন্তর্ধূমপাতনে কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের অনুরূপ পদ্ধতি অনুসৃত হয়। কাঠকে খণ্ডখণ্ড করিয়া কাটিয়া লোহনির্মিত রিটর্টে লওয়া হয়। রিটর্ট হইতে গ্যাসনির্গম-নল বাহির হইয়া হাইড্রলিক মেনের মাধ্যমে শীতকযুক্ত আলকাতরা পৃথককারকের (Tar seperator) সহিত সংযুক্ত। রিটর্টকে আনুভূমিক অবস্থায় একটি চুল্লীর মধ্যে লইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। তাপমাত্রা 150°C-এর উপরে উঠিলে কাঠ বিয়োজিত হইয়া CO_2, CO, CH_4, H_2 এবং পাইরোলিগ্‌নিয়াস অ্যাসিড বাষ্প নির্গত করে এবং 300°C-এর উপরে উঠিলে রিটর্টে উৎপন্ন আলকাতরা পাতিত হইয়া বাহির হয়। শীতকে শীতল হইয়া পাইরোলিগ্‌নিয়াস অ্যাসিড ও আলকাতরা তরলে পরিণত হয়। অতরলীভূত 'উডগ্যাস' নামে পরিচিত গ্যাস মিশ্রণকে ধৌতিস্তম্ভে ধৌত করিয়া জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয় অথবা রিটর্ট উত্তপ্ত করার জন্য চুল্লীর মধ্যে দহন করা হয়। গ্রাহকপাত্রে তরলীভূত অংশ দুইটি স্তরে বিভক্ত হইয়া যায়: উপরের জলীয় স্তর এবং নীচের আলকাতরা স্তর। প্রায় বারো ঘন্টা পরে রিটর্ট হইতে বায়ুর সংস্পর্শ এড়াইয়া কাঠকয়লাকে বাহিরে আনা হয় এবং বদ্ধ পাত্রে শীতল করা হয়।

কাঠের অন্তর্ধূমপাতনের ফলে নিম্নলিখিত উপজাত সামগ্রী পাওয়া যায় :

(1) উড গ্যাস : ইহা প্রধানত কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ। ইহাকে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা গেলেও, সাধারণত অন্তর্ধূমপাতনকালে রিটর্টকে উত্তপ্ত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

(2) পাইরোলিগ্‌নিয়াস অ্যাসিড : অন্যতম প্রধান মূল্যবান উপজাত সামগ্রী। ইহার মধ্যে জলীয় দ্রবণ হিসাবে প্রায় 10% অ্যাসেটিক অ্যাসিড, 2·5–3·5% মিথাইল অ্যালকোহল এবং 0·1-0·5% অ্যাসিটোন উপস্থিত থাকে। পাইরোলিগ্‌নিয়াস অ্যাসিড হইতে উহার প্রধান উপাদানগুলিকে, অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত প্রায় 10% আলকাতরা হইতে পৃথক করার জন্য, প্রথমে পাতিত করা হয় এবং উৎপন্ন অ্যাসেটিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল এবং অ্যাসিটোনের জলীয় দ্রবণকে মিল্ক অব লাইমের সাহায্যে প্রশমিত করিয়া পুনরায় পাতিত করা হয়। পাতনের ফলে নির্গত মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন বাষ্পের মিশ্রণকে (জলীয় বাষ্পসমেত) অতঃপর আংশিক পাতনের সাহায্যে পৃথক করা হয় এবং অবশেষ হিসাবে প্রাপ্ত 'গ্রে অ্যাসিটেট অব লাইম'কে 66% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে পাতিত করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে নিষ্কাশিত করা হয়। $Ca(OH)_2+2CH_3COOH=(CH_3COO)_2Ca+2H_2O$

$$(CH_3COO)_2Ca+H_2SO_4=CaSO_4+2CH_3COOH$$

অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ব্যবহার : ইন্‌ডিগো উৎপাদনে, রঞ্জনশিল্পে, ভিনিগার প্রস্তুতিতে, অ্যাসিটেট রেয়ন ও পলিভিনাইল অ্যাসিটেট উৎপাদনে, হোয়াইট লেড নামে পরিচিত সাদা পিগ্‌মেন্ট প্রস্তুতিতে এবং অন্য বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ পদ্ধতিতে ইহা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

মিথাইল অ্যালকোহলের ব্যবহার : বেকেলাইট ইত্যাদি প্লাস্টিক শিল্পে অত্যাবশ্যক ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে, টেরিলিন উৎপাদনে, রঞ্জনশিল্পে প্রয়োজনীয় ডাইমিথাইল অ্যামিন প্রস্তুতিতে, বিভিন্ন এস্টার ও দ্রাবক প্রস্তুতিতে এবং অন্যান্য রাসায়নিক শিল্পে, মিথাইল অ্যালকোহল ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটোনের ব্যবহার : ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম, সালফোনাল ইত্যাদি প্রস্তুতিতে; মিথাইল মিথাক্রিলেট প্লাস্টিক উৎপাদনে; ভার্নিস ও ল্যাকার শিল্পে দ্রাবক হিসাবে এবং অন্যান্য কার্যে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়।

(3) উড টার (**Wood tar**) : কাঠের অন্তর্ধূমপাতনের ফলে প্রাপ্ত উডটারকে আংশিক পাতনের সাহায্যে তিনটি অংশে বিভক্ত করা হয়; (i) 200°C-এর নিম্নে পাতিত লাইট টার

অয়েল (Light tar oil) ; (ii) 200°C হইতে 300°C-এর মধ্যে পাতিত হেভী টার অয়েল (Heavy tar oil) ; এবং (iii) অবশেষ হিসাবে উড পিচ (Wood pitch)।

লাইট আয়েলের ব্যবহার : পাইন কাঠ হইতে প্রাপ্ত লাইট অয়েলে বেশ কিছু তার্পিন তৈল (Terpentine) থাকে এবং উহাকে পেন্ট প্রস্তুতিতে দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। অন্যান্য কাঠ হইতে প্রাপ্ত লাইট অয়েল চর্ম-শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

হেভী অয়েলের ব্যবহার : হেভী অয়েলকে জীবাণুনাশক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। কাঠের ক্ষয় রোধ করার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

উড পিচের ব্যবহার : ইহা রবার শিল্পে 'সফেনার' (Softener) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। জুতা প্রস্তুতকারীরা ইহাকে কলোফোনির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ব্যবহার করে।

(4) **কাঠকয়লা (Charcoal) :** ইহার মধ্যে উদ্বায়ী অংশ থাকে না বলিলেই চলে। সেজন্য ইহা শিখাহীনভাবে জ্বলে। উত্তম মানের কাঠকয়লা সচ্ছিদ্র, দহনকালে শিখা উৎপন্ন করে না এবং হাতে ধরিলে হাত মলিন হয় না। প্রডিউসার গ্যাস প্রস্তুতির জন্য ইহা অতি উৎকৃষ্ট জ্বালানি। দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের সময়ে কাঠকয়লার সাহায্যে প্রস্তুত প্রডিউসার গ্যাস দ্বারা লরী, বাস ইত্যাদি চালানো হইত।

ঘুঁটে

আমাদের দেশে প্রচুর পরিমাণ গোবরকে ঘুঁটেতে পরিণত করিয়া জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়। ইহার ফলে মূল্যবান সারের অপচয় ঘটে বলিয়া ঐরূপ ব্যবহার মোটেই সমর্থনযোগ্য নহে। বর্তমানে গোবর হইতে জীবরাসায়নিক প্রক্রিয়ায় গোবর গ্যাস উৎপাদন ব্যবস্থা প্রচলিত হইতেছে। গোবর হইতে জ্বালানি হিসাবে গোবর গ্যাস (প্রধানত CH_4) নিষ্কাশনের পরেও অবশিষ্টাংশের সার হিসাবে মূল্য কমে না। সুতরাং, গোবর হইতে ঘুঁটের পরিবর্তে গোবর গ্যাস উৎপাদন ব্যবস্থার দ্রুত সম্প্রসারণ বাঞ্ছনীয়।

তরল জ্বালানি (Liquid Fuel)

তরল জ্বালানির মধ্যে পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনের সাহায্যে পৃথকীকৃত বিভিন্ন অংশই সর্বপ্রধান। অধুনা বার্জিয়াস অথবা ফিশারট্রপস পদ্ধতির সাহায্যে সংশ্লেষিত গ্যাসোলিন প্রস্তুতি জনপ্রিয় হইতে শুরু করিয়াছে। এতদ্ব্যতীত প্রয়োজনানুসারে, অ্যালকোহলকে অন্যান্য তরলের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় পেট্রোল ইঞ্জিনের জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

পেট্রোলিয়াম (Petrolium)

উৎস : অধিকাংশ বৈজ্ঞানিক অনুমান করেন যে, প্রাগৈতিহাসিক সামুদ্রিক জীবদেহ হইতে অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে কার্যক্ষম জীবাণুর (Anaerobic bacteria) ক্রিয়ার ফলে, পেট্রোলিয়াম ও প্রাকৃতিক গ্যাস (Natural gas) উৎপন্ন হইয়াছে ; পেট্রোলিয়াম খনিতে লবণজলের উপস্থিতি এই অনুমানের সমর্থক। সাধারণত, মাটির নীচে দুইটি দুর্ভেদ্য শিলাস্তরের মধ্যবর্তী অপেক্ষাকৃত সচ্ছিদ্র স্তরে পেট্রোলিয়াম সঞ্চিত থাকে। এই স্তরগুলি সর্বত্র অনুভূমিক নয়, উঁচুনীচু। মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে স্তরগুলির নিম্নাংশে অবতল বাঁকে (anticline) পেট্রোলিয়াম এবং উপরাংশে উত্তল বাঁকে (dome) প্রাকৃতিক গ্যাস পৃথকভাবে অবস্থান করে। সেইজন্য উৎস এক হইলেও পেট্রোলিয়াম এবং প্রাকৃতিক গ্যাস নিষ্কাশনের জন্য বিভিন্ন স্থানে খনন করার প্রয়োজন হইতে পারে। সাধারণত পেট্রোলিয়ামের স্তরের নীচে একটি তৈলসম্পৃক্ত বালুস্তর এবং তাহারও নীচে লবণজলের স্তর দেখিতে পাওয়া যায়।

পেট্রোলিয়ামের শ্রেণীবিভাগ : পেট্রোলিয়াম বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন যৌগের মিশ্রণ। হাইড্রোকার্বনের চরিত্র অনুযায়ী পেট্রোলিয়ামকে সাধারণত তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয় :

(1) প্যারাফিনভিত্তিক (Paraffin base) পেট্রোলিয়াম ;

(2) ন্যাফ্‌থিনভিত্তিক (Naphthene base) পেট্রোলিয়াম ; এবং

(3) মধ্যমভিত্তিক (Intermediate base) পেট্রোলিয়াম।

প্যারাফিনভিত্তিক পেট্রোলিয়ামের মধ্যে প্রধানত মুক্ত শৃঙ্খল প্যারাফিন হাইড্রোকার্বন উপস্থিত থাকে এবং ইহা হইতে নিম্ন অক্‌টেন সংখ্যার অর্থাৎ নিকৃষ্ট মানের পেট্রোল বা গ্যাসোলিন কিন্তু উৎকৃষ্ট মানের লুব্রিকেটিং অয়েল পাওয়া যায়।

ন্যাফথিনভিত্তিক পেট্রোলিয়ামের মধ্যে প্রধানত বদ্ধ শৃঙ্খল সাইক্লোপ্যারাফিন (ন্যাফথিন) জাতীয় হাইড্রোকার্বন থাকে এবং ইহা হইতে তুলনামূলকভাবে অধিক অক্‌টেন সংখ্যার, অর্থাৎ উন্নততর মানের গ্যাসোলিন পাওয়া যায়। কিন্তু প্রাপ্ত লুব্রিকেটিং অয়েলকে শোধন করার প্রয়োজন হয়। অ্যাসফাল্টও উপস্থিত থাকে।

মধ্যমভিত্তিক পেট্রোলিয়ামে প্যারাফিন এবং ন্যাফথিন উভয়প্রকার হাইড্রোকার্বনই উপস্থিত থাকে।

সুমাত্রা, বোর্নিও ইত্যাদি কয়েকটি অঞ্চলের পেট্রোলিয়ামে প্রচুর পরিমাণ অ্যারোমেটিক যৌগ উপস্থিত থাকে এবং এইরূপ পেট্রোলিয়ামকে অ্যারোমেটিকভিত্তিক বলা চলে। এগুলি হইতে উচ্চ অক্‌টেন সংখ্যার অর্থাৎ খুব উন্নতমানের গ্যাসোলিন পাওয়া যায়।

পেট্রোলিয়াম শোধন (Refining) : অশোধিত পেট্রোলিয়ামকে আংশিক পাতনের সাহায্যে নিম্নলিখিত স্ফুটনাঙ্কের তারতম্যভিত্তিক 'কর্তিত' অংশে বিভক্ত করা হয় :

(1) লঘু পাতিত অংশসমূহ (Light distillates) 250°C পর্যন্ত : গ্যাসোলিন বা পেট্রোল, দ্রাবক ন্যাফথা, কেরোসিন, লঘু তাপন তৈল (Light heating oils) ইত্যাদি।

(2) মধ্যম পাতিত অংশসমূহ (Intermediate distillates) 250°-300°C : ভারী জ্বালানি তৈল (Heavy fuel oil), ডিজেল, গ্যাস অয়েল ইত্যাদি।

(3) ভারী পাতিত অংশসমূহ (Heavy distillates) 300°C-এর ঊর্ধ্বে : হেভী মিনারাল অয়েল, হেভী ক্লোটেসান অয়েল, মোম বা প্যারাফিন ওয়াক্স, লুব্রিকেটিং অয়েল, ইত্যাদি ; এবং

(4) অবশেষসমূহ (Residues) : লুব্রিকেটিং অয়েল, ফুয়েল অয়েল, পেট্রোল্যাটাম, রোড অয়েল, অ্যাসফাল্ট বা পিচ, পেট্রোলিয়াম কোক ইত্যাদি।

এতদ্ব্যতীত পেট্রোলিয়ামের খনি হইতে একই সঙ্গে প্রাকৃতিক গ্যাস উৎপন্ন হইলে, উৎপন্ন প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে, উহার মধ্যে বাষ্পীভূত অবস্থায় যে-গ্যাসোলিন বাষ্প উপস্থিত থাকে, সেই বাষ্প পৃথক করিয়া প্রাকৃতিক গ্যাসোলিন বা কেসিং হেড গ্যাসোলিন (Casing head gasoline) প্রস্তুত করা হয়।

শোধনজাত সামগ্রীগুলির ব্যবহার : (1) লঘু পাতিত অংশসমূহ—লাইট হিটিং অয়েল বা লঘু তাপন তৈলকে গৃহস্থালীর চুল্লী জ্বালাইবার জন্য এবং কেরোসিনকে আলোক প্রদানের জন্য অথবা জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়। কেরোসিনের স্ফুটন পরিধি 200°-300°C।

কেরোসিন এবং গ্যাসোলিনের মধ্যবর্তী স্ফুটন পরিধির যে-কোন লঘু পাতিত অংশ ন্যাফথা নামে পরিচিত (যেমন স্ফুটন পরিধি 180°-250°C)। ইহা দ্রাবক হিসাবে রবার, পেন্ট, ড্রাই ক্লিনিং এবং অন্যান্য শিল্পে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। পেট্রোল বা গ্যাসোলিন (স্ফুটন পরিধি 90°-200°C) পেট্রোলিয়াম শোধনজাত সামগ্রীর মধ্যে সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ। পেট্রোল ইঞ্জিনের মধ্যে বায়ু-পেট্রোলবাষ্প মিশ্রণ অনেক সময় নির্দিষ্ট মুহূর্তের পূর্বেই বিস্ফোরিত হইয়া একপ্রকার ধাতব শব্দ বা নকিং (knocking) নির্গত করে। পেট্রোলে নর্ম্যাল প্যারাফিন হাইড্রোকার্বন বেশি থাকিলে নকিং বাড়ে কিন্তু শাখাপ্রশাখাযুক্ত বৃত্তীয় অথবা অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বেশি থাকিলে উহা কমিয়া যায়। লেড টেট্রাইথাইল যৌগ যোগ করিয়াও এই ইঞ্জিনের কর্মক্ষমতা হ্রাসকারী নকিং কমানো যায়। কোন গ্যাসোলিন নমুনার নকিং বৈশিষ্ট্য অক্‌টেন সংখ্যা (Octane number) দ্বারা সূচিত করা হয়। নর্ম্যাল হেপ্‌টেন এবং আইসো-অক্‌টেনের মিশ্রণে

শতকরা যত অংশ আইসো-অক্টেন উপস্থিত থাকিলে মিশ্রণটির নকিং বৈশিষ্ট্য নমুনা গ্যাসোলিনটির নকিং বৈশিষ্ট্যের সমান হয় (অর্থাৎ ঘন্টায় সমসংখ্যক নকিং-এর শব্দ নির্গত করে), নমুনা গ্যাসোলিনটির অক্টেন সংখ্যা তত (বিশুদ্ধ আইসোঅক্টেন ও হেপ্‌টেনের অক্টেন সংখ্যা যথাক্রমে 100 এবং শূন্য ধরা হয়)।

(2) **মধ্যম পাতিত অংশসমূহ :** এগুলির মধ্যে গ্যাস অয়েলকে ক্র্যাকিং (cracking) (তাপপ্রয়োগে হাইড্রোকার্বনের শৃঙ্খল দৈর্ঘ্য কমাইয়া গ্যাসোলিনে রূপান্তরিত করার পদ্ধতি) করিবার জন্য এবং হেভী ফারনেস অয়েলকে চুল্লীর জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়। কিন্তু এই গোষ্ঠীর সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ সামগ্রী ডিজেল, যাহা ডিজেল ইঞ্জিন চালাইবার জন্য ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হইতেছে। ডিজেল তৈলের দহন বৈশিষ্ট্যকে সিটেন সংখ্যা (Cetane number) দ্বারা সূচিত করা হয়। বিশুদ্ধ সিটেন (নর্ম্যাল $C_{16}H_{34}$) এবং আলফা মিথাইল ন্যাফথ্যালিনের সিটেন সংখ্যা যথাক্রমে এক শত এবং শূন্যের সমান ধরিয়া একটি নমুনা ডিজেল অয়েলের সিটেন সংখ্যাকে, সিটেন ও আলফামিথাইল ন্যাপথালিনের মিশ্রণে শতকরা যত অংশ সিটেন উপস্থিত থাকিলে মিশ্রণটির দহন বৈশিষ্ট্য নমুনা ডিজেল অয়েলের দহন বৈশিষ্ট্যের সমান হয়, সেই সংখ্যার সমান বলিয়া সংজ্ঞাবদ্ধ করা হইয়াছে। উত্তম ডিজেল অয়েলের সিটেন সংখ্যা 45-এর অধিক হওয়া উচিত। এই গোষ্ঠীর তরলগুলিকে কীটনাশক ঔষধের বাহক হিসাবেও ব্যবহার করা যায়।

(3) **ভারী পাতিত অংশসমূহ :** এই গোষ্ঠীর মধ্যে প্যারাফিন ওয়াক্স ও লুব্রিকেটিং অয়েল অন্তর্ভুক্ত। মোমবাতি নির্মাণে, পালিস, ওয়াটারপ্রুফিং এবং অন্যান্য কার্যে প্যারাফিন ওয়াক্স ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। লুব্রিকেটিং অয়েল ব্যবহারের ফলে যন্ত্রাদির আয়ু ও কর্মক্ষমতা বহুগুণ বৃদ্ধি পায়। লুব্রিকেটিং অয়েলের উপযোগিতা উহার সান্দ্রতা এবং উষ্ণতার সঙ্গে সান্দ্রতার পরিবর্তনের হারের উপর বহুলাংশে নির্ভরশীল। কোন লুব্রিকেটিং অয়েলের বৈশিষ্ট্য উপরি-উক্ত সান্দ্রতাসূচক (Viscosity Index) ব্যতীতও তাহার ফ্লাশ পয়েন্ট (Flash point), পোর পয়েন্ট (Pour point), ইমালশান গঠন প্রবণতা (Emulsibility), কর্দমায়ন বাধা (Resistance to sludging) ইত্যাদির দ্বারাও সূচিত করা হয়।

[**ফ্লাশ পয়েন্ট :** সর্বনিম্ন যে-তাপমাত্রায় কোন তরলের বাষ্পকে বায়ুর উপস্থিতিতে প্রজ্জ্বলিত করা যায়, সেই তাপমাত্রাকে তরলটির ফ্লাশ পয়েন্ট বলে।]

(4) **অবশেষ অংশসমূহ :** শোধন প্রক্রিয়ায় অ্যাসফাল্ট, ফুয়েল অয়েল অবশেষ, গ্রীজ, পেট্রোল্যাটাম, পেট্রোলিয়াম কোক ইত্যাদি উপজাত সামগ্রী হিসাবে অবশেষের মধ্যে পাওয়া যায়। পেট্রোলিয়াম কোক তড়িৎদ্বার প্রস্তুতিতে, ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রস্তুতিতে, পেন্ট শিল্পে এবং সিরামিক শিল্পে ব্যবহৃত হয়। এই গোষ্ঠীর অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ সামগ্রী অ্যাসফাল্টকে রাস্তা নির্মাণে, ছাদ আচ্ছাদিত করার জন্য এবং বিভিন্ন বস্তুকে জলরোধী করার কার্যে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

ব্রিকেট নির্মাণেও অ্যাসফাল্ট ব্যবহৃত হয়।

গ্রীজ (Grease) নামটিকে ব্যাপক অর্থে ব্যবহার করা হয় এবং বিভিন্ন গ্রীজকে তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় : (ক) খনিজ তৈল এবং কঠিন লুব্রিকেন্টের (গ্রাফাইট) মিশ্রণ ; (খ) ওয়াক্স, ফ্যাট, রেজিন অয়েল এবং পিচের মধ্যে কয়েকটির বিভিন্ন মাত্রায় মিশ্রণ এবং (গ) সাবানের সাহায্যে জমানো খনিজ তৈল।

যন্ত্রাদির লুব্রিকেসানে প্রচুর পরিমাণ গ্রীজও ব্যবহৃত হয়।

সংশ্লেষিত গ্যাসোলিন

বর্তমানে আন্তর্জাতিক বাজারে পেট্রোলিয়ামের মূল্য অত্যন্ত বাড়িয়া যাওয়ায় বার্জিয়াস বা ফিশার-ট্রপশ পদ্ধতির সাহায্যে সংশ্লেষিত গ্যাসোলিন প্রস্তুতি পুনরায় জনপ্রিয় হইয়া উঠিয়াছে। পদ্ধতি দুইটি দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের সময় জার্মানিতে সামরিক প্রয়োজনে প্রথম বিকশিত হইয়াছিল।

বার্জিয়াস পদ্ধতি : কয়লার সহিত হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া তরল হাইড্রোকার্বন উৎপাদন, এই পদ্ধতির ভিত্তি। এই পদ্ধতির আধুনিক সংস্করণে হাইড্রোজেনেসন বিক্রিয়া দুইটি পর্যায়ে—প্রথমে তরল অবস্থায় এবং পরে গ্যাসীয় অবস্থায় সম্পাদন করা হয়।

প্রথম পর্যায়ে হেভী অয়েল এবং কয়লা চূর্ণ মিশাইয়া 35·50% কয়লাযুক্ত পেস্ট প্রস্তুত করা হয়। অতঃপর ঐ পেস্টকে ব্যবহৃত কয়লার ওজনের প্রায় 5% উদ্দীপিত ফেরিক অক্সাইড অনুঘটক মিশাইয়া কনভার্টারে 450°-500°C তাপমাত্রায় এবং 300-700 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাইড্রোজেনের উপস্থিতিতে এক হইতে দুই ঘন্টা রাখা হয়। উৎপন্ন বাষ্পের মধ্যে 200°C-এর নিম্ন স্ফুটন পরিধির সামান্য অংশকে সরাসরি গ্যাসোলিন হিসাবে সংগ্রহ করা হয়; 400°C-এর অধিক স্ফুটন পরিধির ভারী অংশকে নূতন কয়লাচূর্ণ পেস্ট করার কার্যে ব্যবহার করা হয়; এবং 200°C-400°C স্ফুটন পরিধির মধ্যবর্তী অংশকে পরবর্তী পর্যায়ে গ্যাসীয় অবস্থায় পুনরায় হাইড্রোজেনেট করা হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ে 350°-400°C তাপমাত্রা এবং 200-300 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, বিশেষ প্রকৃতির অনুঘটকের (যেমন ফুলার্স আর্থের উপর 5% ZnO, 2% Cr_2O_3, 0·7% MoS_2 এবং 10%S মিশ্রণ) উপস্থিতিতে প্রথম পর্যায়ে উৎপন্ন মধ্যবর্তী অংশের সহিত হাইড্রোজেনের পুনরায় বিক্রিয়া ঘটাইয়া, গ্যাসোলিনের স্ফুটন পরিধির হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করা হয়।

ফিশার-ট্রপ্‌শ পদ্ধতি (Fischer-Tropsch process): এই পদ্ধতিতে প্রথমে ওয়াটার গ্যাসের একটি অংশকে স্টীমের সহিত মিশ্রিত করিয়া প্রায় 400°C উষ্ণতায় $Fe_2O_3+Cr_2O_3$ অনুঘটকের উপর দিয়া চালনা করা হয়। ফলে ওয়াটার গ্যাসে উপস্থিত কার্বন মনোক্সাইড স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে, কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারণের পর, অবশিষ্ট ওয়াটার গ্যাসের সহিত মিশাইয়া 2 : 1 আণবিক অনুপাতে হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণে (সিনথিসিস গ্যাস) পরিণত করা হয়; $CO+H_2O=CO_2+H_2$। সিনথিসিস গ্যাসকে উপযুক্ত তাপমাত্রা ও চাপে কোবাল্ট বা আয়রন অনুঘটকের উপর দিয়া চালিত করিলে তরল হাইড্রোকার্বন মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

$$nCO+2nH_2=C_nH_{2n}+nH_2O$$
$$nCO+(2n+1)H_2=C_nH_{2n+2}+nH_2O$$

একটি পদ্ধতিতে কোবাল্ট ও থোরিয়া-মিশ্রিত অনুঘটকের উপর দিয়া 200°C উষ্ণতায় এবং অনুচ্চ 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সিনথিসিস গ্যাস চালনা করা হয়। অন্য একটি পদ্ধতিতে ক্ষার দ্বারা উদ্দীপিত আয়রন অনুঘটকের উপর দিয়া সিনথিসিস গ্যাস 250°C-300°C উষ্ণতায় ও আরও উচ্চতর চাপে চালিত হয়। কোবাল্ট অনুঘটক ব্যবহৃত হইলে উৎপন্ন হাইড্রোকার্বনে প্রায় 73% নর্ম্যাল প্যারাফিন ও 20% শাখাযুক্ত প্যারাফিন থাকে, কিন্তু আয়রন অনুঘটক ব্যবহৃত হইলে উৎপন্ন হাইড্রোকার্বনের মধ্যে পাওয়া যায় প্রায় 55% ওলেফিন, 10% প্যারাফিন ও 10% অ্যারোমেটিক যৌগ। ফিশার-ট্রপ্‌শ্‌ পদ্ধতিতে উৎপন্ন হাইড্রোকার্বন হইতে গ্যাসোলিন অংশ ব্যতীত একটি উৎকৃষ্ট মানের ডিজেল অংশও পাওয়া যায়।

পাওয়ার অ্যালকোহল

সাধারণ অবস্থায় অ্যালকোহলের মূল্য গ্যাসোলিন অপেক্ষা অধিক। কিন্তু যুদ্ধের সময় গ্যাসোলিনের অভাব মিটানোর জন্য অ্যালকোহল ও ইথার মিশ্রণ, অ্যালকোহল ও বেঞ্জিন মিশ্রণ ইত্যাদিকে পেট্রোল ইঞ্জিনের জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হইয়াছিল। অ্যালকোহলের উৎপাদন খরচ হ্রাস করিতে পারিলে অ্যালকোহলকে ভবিষ্যতে মোটর-জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে।

গ্যাসীয় জ্বালানি (Gaseous fuels)

প্রধান গ্যাসীয় জ্বালানিগুলির নাম : (1) শুষ্ক প্রডিউসার গ্যাস, (2) আর্দ্র প্রডিউসার গ্যাস

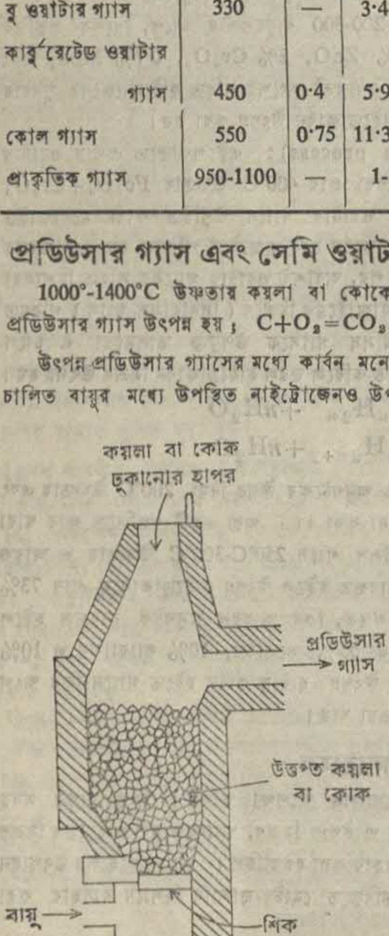
বা সেমি ওয়াটার গ্যাস, (3) ব্লুওয়াটার গ্যাস (4) কারবুরেটেড ওয়াটার গ্যাস, (5) কোল গ্যাস, এবং (6) প্রাকৃতিক গ্যাস। নিম্নে উহাদের প্রমাণ নমুনার কয়েকটি তথ্য প্রদত্ত হইল :

গ্যাসীয় জ্বালানির নাম	তাপন মূল্য বি. টি. ইউ. / ঘনফুট	O_2 %	N_2 %	CO_2 %	CO %	H_2 %	CH_4 %	অন্যান্য হাইড্রোকার্বন %
শুষ্ক প্রডিউসার গ্যাস	145	0·3	55·3	2·5	27	12	2·5	0·4
সেমি ওয়াটার গ্যাস	245	—	29	8	27	34	2	—
ব্লু ওয়াটার গ্যাস	330	—	3·4	4	41	51·5	0·1	—
কার্বুরেটেড ওয়াটার গ্যাস	450	0·4	5·9	3·7	34·8	37·3	9	8·9
কোল গ্যাস	550	0·75	11·35	2·4	7·35	47·95	27·15	3·05
প্রাকৃতিক গ্যাস	950-1100	—	1-3	—	—	—	67-97	5-20

প্রডিউসার গ্যাস এবং সেমি ওয়াটার গ্যাস বা আর্দ্র প্রডিউসার গ্যাস

1000°-1400°C উষ্ণতায় কয়লা বা কোকের স্তরের ভিতর দিয়া বায়ু চালনা করিলে শুষ্ক প্রডিউসার গ্যাস উৎপন্ন হয়; $C+O_2=CO_2$; $CO_2+C=2CO+$উত্তাপ।

উৎপন্ন প্রডিউসার গ্যাসের মধ্যে কার্বন মনোক্সাইড এবং সামান্য কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত চালিত বায়ুর মধ্যে উপস্থিত নাইট্রোজেনও উপস্থিত থাকে বলিয়া উহার তাপনমূল্য কম হয়। এতদ্ব্যতীত বিক্রিয়াটি তাপমোচী হওয়ার জন্য তাপমাত্রা এত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় যে, বিক্রিয়াজাত ভস্ম গলিয়া চালিত বায়ুর প্রবেশপথ বন্ধ করিয়া দিতে পারে। এইসকল কারণে শুষ্ক প্রডিউসার গ্যাস উৎপাদন না করিয়া সাধারণত আর্দ্র প্রডিউসার গ্যাস বা সেমি-ওয়াটার গ্যাস উৎপাদন করা হয়। প্রডিউসারের মধ্যে চালনার পূর্বে বায়ুকে অল্প উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পে সম্পৃক্ত করিয়া অথবা বায়ু চালনার সঙ্গে সঙ্গে স্টীম অনুপ্রবিষ্ট করিয়া উপরি-উক্ত উদ্দেশ্যসাধন করা হয়। কার্বন ও অক্সিজেনের তাপমোচী বিক্রিয়ায় উৎপন্ন উত্তাপকে শোষণ করিয়া স্টীম ও কার্বনের মধ্যে তাপগ্রাহী বিক্রিয়ায় (ওয়াটার গ্যাস বিক্রিয়ায়) হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড (সামান্য কার্বন ডাই-অক্সাইড-সহ) সৃষ্ট হয়।



চিত্র 88

$$C+H_2O=CO+H_2-\text{উত্তাপ}$$
$$C+2H_2O=CO_2+2H_2-\text{উত্তাপ}$$

ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় জ্বালানির তাপনমূল্য বাড়িয়া যায়, প্রডিউসারের তাপমাত্রা অযথা

বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া উত্তাপ অপচয়িত হয় না এবং ভস্মের গলন বন্ধ হয়। প্রডিউসার গ্যাস, আর্দ্র প্রডিউসার গ্যাস বা সেমি ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুত করার জন্য ব্যবহৃত কায়ারব্রিক আচ্ছাদিত লৌহ-নির্মিত দীর্ঘ চোঙাকৃতি চুল্লীকে 'প্রডিউসার' বলা হয়। ইহার নিম্নে বায়ু চালিত করার এবং উপরাংশে উৎপন্ন জ্বালানি গ্যাস নির্গমনের পথ থাকে; চুল্লীর উপর হইতে হপারের মাধ্যমে কয়লা বা কোক ভিতরে ঢালা হয় (চিত্র 8·8)। আর্দ্র প্রডিউসার গ্যাস উৎপাদনের ক্ষেত্রে অতিরিক্ত এক ব্যবস্থা মারফৎ প্রডিউসারের নিম্নে হিসাব অনুযায়ী সঠিক পরিমাণ স্টীম অনুপ্রবিষ্ট করা হয়।

ওয়াটার গ্যাস এবং কারবুরেটেড ওয়াটার গ্যাস

ওয়াটার গ্যাসকে উহার দহনের সময় সৃষ্ট নীলবর্ণ শিখার জন্য ব্লু-ওয়াটার গ্যাসও বলা হয়। 1000°C হইতে 1400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত কোক বা কয়লার স্তরের ভিতর দিয়া স্টীম চালনার ফলে, প্রধানত কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ হিসাবে ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয়:

$$C+H_2O=CO+H_2-\text{উত্তাপ} \quad (1)$$

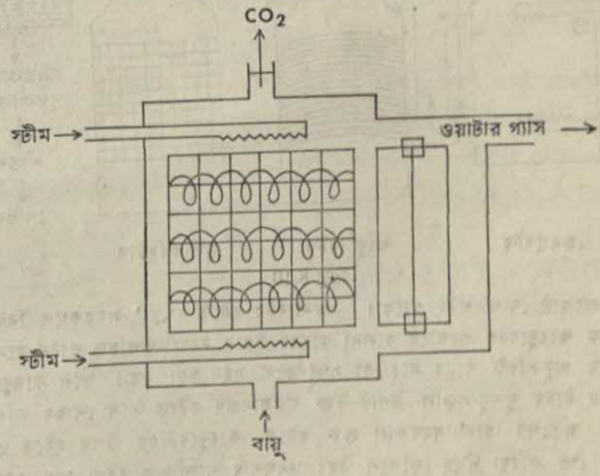
অবশ্য পার্শ্ববিক্রিয়া হিসাবে কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইডও পাওয়া যায়:

$$C+2H_2O=CO_2+2H_2-\text{উত্তাপ} \quad (2)$$

বিক্রিয়াগুলি তাপগ্রাহী বলিয়া তাপমাত্রা 1400°C হইতে কমিতে আরম্ভ করে। সঙ্গে সঙ্গে দ্বিতীয় বিক্রিয়ার অনুপাত বাড়িয়া ওয়াটার গ্যাসে কার্বন ডাই-অক্সাইডের অংশ বৃদ্ধি করে। তাপমাত্রা 1000°C-এ নামিয়া আসিলে জেনারেটরে বায়ু চালনা করিয়া তাপমোচী বিক্রিয়ার সাহায্যে তাপমাত্রাকে পুনরায় 1400°C-এ তোলা হয়: $2C+O_2=2CO+\text{উত্তাপ}$ ······(3)

এবং $C+O_2=CO_2+\text{উত্তাপ}$······(4)

এজন্য কোন জেনারেটর হইতে একটানা ওয়াটার গ্যাস পাওয়া সম্ভব হয় না; উৎপাদনকালে পর্যায়ক্রমে 'রান (run)' ও 'ব্লো (blow)' সময়কাল ব্যবহৃত হয়। 'রান' সময়কালে এক নম্বর



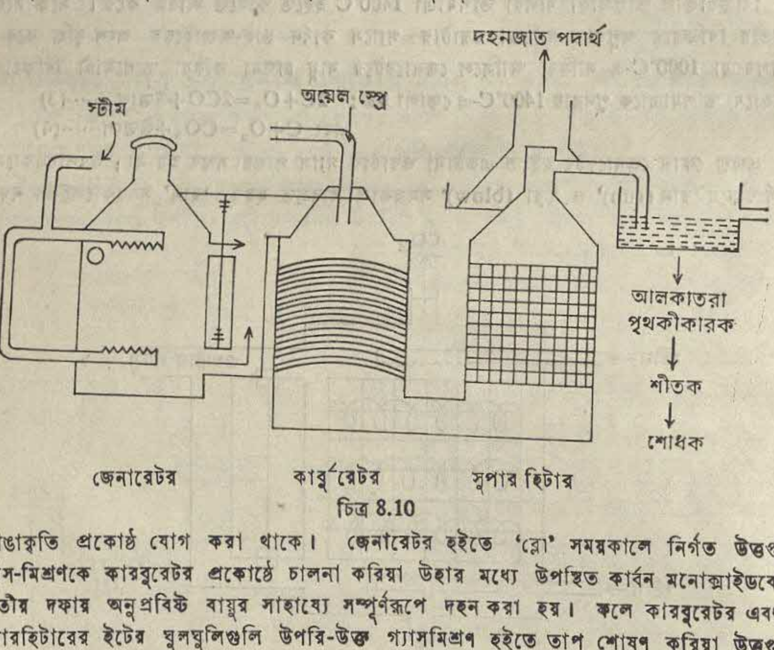
চিত্র 8.9

ও দুই নম্বর বিক্রিয়া অনুযায়ী বিক্রয়যোগ্য 'তৈয়ারী গ্যাস' (make gas) উৎপন্ন হয়। 'ব্লো সময়কালে' নির্গত গ্যাসমিশ্রণে প্রধানত কার্বন ডাই-অক্সাইড, কিছু কার্বন মনোক্সাইড এবং বায়ুর অবশিষ্টাংশ উপস্থিত থাকে। ইহাকে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয় না, বয়লারে স্টীম উৎপন্ন করার জন্য অথবা অন্যান্য কার্যে ব্যবহার করা হয়। সাধারণত 4 হইতে 6 মিনিটের একটি পূর্ণ পর্যায়কালের মধ্যে এক-চতুর্থাংশ সময় ব্লো সময়কালের জন্য এবং তিন-চতুর্থাংশ সময়

রান সময়কালের জন্য ব্যয় করা হয়। আবার রান সময়কালকেও 'আপরান' (uprun) ও 'ডাউনরান' (Downrun) এই দুই সমান অংশে বিভক্ত করা হয়। 'আপরানের' সময়ে স্টীম জেনারেটরের নিম্নদিক হইতে উর্ধ্বমুখে এবং ডাউনরানের সময় স্টীম জেনারেটরের উর্ধ্বদিক হইতে নিম্নমুখে চালিত হয়। একবার 'ব্লো'-এর পর প্রথমে 'আপরান' এবং পরে 'ডাউনরান' সমাধা করিয়া দ্বিতীয়বার 'ব্লো'-এর পূর্বে কয়েক মুহূর্তের জন্য 'আপরানের' পুনরাবৃত্তি ঘটানো হয়। ইহার ফলে জেনারেটরের নিম্নাংশ হইতে 'তৈয়ারী গ্যাস' স্টীম দ্বারা সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হয়, 'ব্লো' সময়কালে প্রবিষ্ট বায়ুর সহিত মিশ্রিত হইতে পারে না (চিত্র 8·9)।

কারবুরেটেড ওয়াটার গ্যাস : ওয়াটার গ্যাস উৎপাদনে 'ব্লো' সময়কালে' নির্গত গ্যাসমিশ্রণের তাপশক্তির সাহায্যে সস্তা তরল জ্বালানি তাপবিয়োজিত করিয়া ওয়াটার গ্যাসের তাপনমূল্য বৃদ্ধি করাই কারবুরেটেড ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুতির ভিত্তি। তাপবিয়োজনের ফলে তরল হাইড্রোকার্বন জ্বালানি হইতে কম দৈর্ঘ্যের কার্বন শৃঙ্খলযুক্ত গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন হয় এবং ওয়াটারগ্যাসের সহিত মিশ্রিত হইয়া উহার তাপনমূল্য বৃদ্ধি করে।

কারবুরেটেড ওয়াটার গ্যাস উৎপাদনকালে ওয়াটার গ্যাস জেনারেটরের সহিত একই সারিতে কারবুরেটর এবং সুপারহিটার-নামক দুইটি ইটের ঘুলঘুলি (Chequer brickwork) সজ্জিত



চিত্র 8.10

চোঙাকৃতি প্রকোষ্ঠ যোগ করা থাকে। জেনারেটর হইতে 'ব্লো' সময়কালে নির্গত উত্তপ্ত গ্যাস-মিশ্রণকে কারবুরেটর প্রকোষ্ঠে চালনা করিয়া উহার মধ্যে উপস্থিত কার্বন মনোক্সাইডকে দ্বিতীয় দফায় অনুপ্রবিষ্ট বায়ুর সাহায্যে সম্পূর্ণরূপে দহন করা হয়। ফলে কারবুরেটর এবং সুপারহিটারের ইটের ঘুলঘুলিগুলি উপরি-উক্ত গ্যাসমিশ্রণ হইতে তাপ শোষণ করিয়া উত্তপ্ত হইয়া উঠে। অতঃপর 'রান' সময়কাল শুরু হইলে, কারবুরেটরের উপর হইতে তরল ভারী হাইড্রোকার্বন স্প্রে করিয়া নীচে ফেলিলে উহা তৎক্ষণাৎ বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং ওয়াটার গ্যাস স্রোতের সহিত মিশ্রিত হইয়া কারবুরেটর ও সুপারহিটার প্রকোষ্ঠে সজ্জিত উত্তপ্ত ইটের ঘুলঘুলির সংস্পর্শে বিয়োজিত হয়। এইরূপ তাপবিয়োজনের ফলে সৃষ্ট হ্রস্বতর কার্বনশৃঙ্খল দৈর্ঘ্যের গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ওয়াটার গ্যাসে যুক্ত হয় বলিয়া উহার তাপনমূল্য বাড়িয়া যায়।

প্রাকৃতিক গ্যাস

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, প্রাকৃতিক গ্যাস এবং পেট্রোলিয়ামের উৎস অভিন্ন। তবে

প্রাকৃতিক গ্যাস পেট্রোলিয়ামের সহিত একই খনি হইতে নিষ্কাশিত হইতে পারে, আবার পেট্রোলিয়ামের খনি হইতে বহুদূরে অবস্থিত কোন খনি হইতে স্বতন্ত্রভাবেও নিষ্কাশিত হইতে পারে। দ্বিতীয় প্রকার প্রাকৃতিক গ্যাসকে শুষ্ক প্রাকৃতিক গ্যাস বলা হয় এবং ইহার মধ্যে সামান্য নাইট্রোজেন ব্যতীত প্রায় সম্পূর্ণ অংশই মিথেন দ্বারা গঠিত। কোন উচ্চতর পেট্রোলিয়াম হাইড্রোকার্বন সাধারণত এই প্রকার শুষ্ক প্রাকৃতিক গ্যাসে উপস্থিত থাকে না। কিন্তু প্রথম প্রকারের প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যে মিথেন ব্যতীত বহু উচ্চতর হাইড্রোকার্বনও উপস্থিত থাকে এবং উহাকে আর্দ্র প্রাকৃতিক গ্যাস বলা হয়। এইরূপ একটি আর্দ্র প্রাকৃতিক গ্যাসের নমুনার মধ্যে মিথেন ব্যতীত নিম্নলিখিত উপাদানগুলি দেখিতে পাওয়া যায়।

প্রোপেন	3·3% আয়তন
আইসো বিউটেন	1·23% „
নর্ম্যাল বিউটেন	1·4% „
আইসো পেন্‌টেন	0·6% „
গ্যাসোলিন বাষ্প	1·6% „

এতদ্ব্যতীত ইহার মধ্যে অল্প পরিমাণ ইথেন, হাইড্রোজেন সালফাইড এবং নাইট্রোজেন উপস্থিত থাকে।

আর্দ্র প্রাকৃতিক গ্যাসে উপস্থিত গ্যাসোলিনকে নিষ্কাশিত করিয়া প্রাকৃতিক গ্যাসোলিন নামে বিক্রয় করা হয় এবং উহার মধ্যে প্রোপেন ও বিউটেন অংশকে উচ্চচাপে তরলে পরিণত করিয়া তরলীভূত পেট্রোলিয়াম গ্যাস (**Liqurefied petrolium gas**) বা **L. P. G.**-নামে বিক্রয় করা হয়। **L. P. G.** গৃহস্থালীতে জ্বালানি হিসাবে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

সার-সংক্ষেপ

হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন :

(1) লেন পদ্ধতি বা স্টীম-আয়রন পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত আয়রনের উপর দিয়া স্টীম চালনা করিয়া হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হয়; $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$। ফেরেসোফেরিক অক্সাইডে পরিণত আয়রনকে ওয়াটার গ্যাসের সাহায্যে বিজারিত করিয়া পুনরায় মুক্ত করা হয়। $Fe_3O_4+2(CO+H_2)=3Fe+2H_2O+2CO_2$।

(2) জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ : NaOH-এর 15% জলীয় দ্রবণকে আয়রন ক্যাথোড ও নিকেল প্রলেপিত আয়রন অ্যানোডের মাধ্যমে তড়িৎবিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়; $2H^++2e\rightarrow H_2$।

(3) বশ্‌ পদ্ধতি বা ওয়াটার গ্যাস অনুঘটন পদ্ধতি :

প্রথম পর্যায় : $\underset{\text{কোক চূর্ণ}}{C} + \underset{\text{স্টীম}}{H_2O} \xrightarrow{>1000^\circ C} \underbrace{CO + H_2}_{\text{ওয়াটার গ্যাস}}$

দ্বিতীয় পর্যায় : $CO + H_2O \xrightarrow[Fe_2O_3,\ Cr_2O_3]{450^\circ C} CO_2 + H_2$

প্রথম পর্যায়ে উৎপন্ন ওয়াটার গ্যাসের CO-কে দ্বিতীয় পর্যায়ে স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় CO_2-ও অতিরিক্ত পরিমাণ H_2-তে পরিণত করা হয়। পরিশেষে, তৃতীয় পর্যায়ে CO_2-কে উচ্চচাপে জলে শোষিত করিয়া দূরীভূত করা হয়।

(4) **হাইড্রোকার্বন তাপ-বিয়োজন পদ্ধতি :**

$$\underset{(\text{প্রাকৃতিক গ্যাস})}{CH_4} \overset{}{\underset{1200^\circ C}{=}} C + 2H_2$$

অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন :

(1) **হেবার পদ্ধতি :** এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেন মিশ্রণকে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ও 550°C তাপমাত্রায়, আয়রন অনুঘটক ও Mo বা $K_2O + Al_2O_3$ উদ্দীপকের উপস্থিতিতে আংশিকভাবে অ্যামোনিয়ায় পরিণত করিয়া তরলীভূত বা জলে শোষিত করিয়া পৃথক করা হয়।

$$\underset{\text{এক আয়তন}}{N_2} + \underset{\text{তিন আয়তন}}{3H_2} \rightleftharpoons \underset{\text{দুই আয়তন}}{2NH_3} + \text{উত্তাপ}$$

বিক্রিয়ার ফলে আয়তন সঙ্কোচন হয় বলিয়া উচ্চতর চাপে উৎপাদনের পরিমাণ বাড়ে। বিক্রিয়াটি তাপমোচী বলিয়া নিম্নতর তাপমাত্রায় উৎপাদনের পরিমাণ বাড়িবার কথা। কিন্তু তাপমাত্রা বাড়াইলে বিক্রিয়ার গতি কমিয়া সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠায় বিলম্ব হয় বলিয়া একটি সর্বোত্তম তাপমাত্রা (550°C) বাছিয়া লওয়া হয়।

(2) **ক্লড পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে 1000 বায়ুমণ্ডলীর চাপ (অন্যান্য শর্ত হেবার পদ্ধতির অনুরূপ) ব্যবহার করিয়া নাইট্রোজেন-হাইড্রোজেন মিশ্রণকে সরাসরি প্রায় সম্পূর্ণভাবে অ্যামোনিয়ায় পরিণত করা হয়। সেজন্য হেবার পদ্ধতির মত অবিকৃত গ্যাস-মিশ্রণকে পুনঃ পুনঃ বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পাঠানোর প্রয়োজন হয় না।

(3) **সায়নামাইড পদ্ধতি :** $CaO + 3C \overset{2000^\circ C}{=} CaC_2 + CO$

$$CaC_2 + N_2 \overset{1100^\circ C}{\rightarrow} C + Ca{=}N{-}CN \ (\text{ক্যালসিয়াম সায়নামাইড})$$

$$CaCN_2 + \underset{\text{স্টীম}}{3H_2O} \underset{3\text{-}4 \text{ বায়ুমণ্ডল}}{=} CaCO_3 + 2NH_3$$

তড়িৎ-চুল্লীতে 1100°C তাপমাত্রায় CaC_2 ও N_2-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $CaCN_2$-কে 3-4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে স্টীমের সাহায্যে আর্দ্রবিশ্লেষিত করিলে NH_3 পাওয়া যায়।

(4) **সারপেক পদ্ধতি :** $Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO$

$$AlN + 3H_2O \overset{\text{লঘু ক্ষার}}{=} Al(OH)_3 + NH_3$$

বক্সাইট শোধনের এই পুরাতন পদ্ধতিতে প্রচুর পরিমাণ NH_3 উপজাত পদার্থ হিসাবে পাওয়া যাইত।

নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন :

(1) **পাতন পদ্ধতি :**

$$\underset{\text{চিলি সল্টপিটার}}{3NaNO_3} + \underset{93\%}{2H_2SO_4} \underset{250^\circ C}{=} Na_2SO_4 + NaHSO_4 + 3HNO_3$$

(2) আর্ক পদ্ধতি বা বার্কেলাণ্ড ও আইডে পদ্ধতি ঃ

$$\underset{\text{বায়ু}}{\underline{N_2+O_2}} \underset{\text{বৈদ্যুতিক আর্ক}}{\rightleftharpoons} 2NO\ ;\ 2NO+O_2 \underset{<600°C}{=} 2NO_2$$

$$2NO_2+H_2O=HNO_3+HNO_2\ ;\ 3HNO_3=HNO_3+2NO+H_2O$$

এই পদ্ধতিতে বায়ুর মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্ক সৃষ্টি করিয়া প্রায় 1%-কে NO-তে রূপান্তরিত করা হয়। শীতল করিলে উৎপন্ন NO উপস্থিত অবিকৃত O_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া NO_2-তে পরিবর্তিত হয়। NO_2-কে জলে শোষণ করিলে লঘু HNO_3 পাওয়া যায়।

(3) অ্যামোনিয়া জারণ বা অস্টওয়াল্ড পদ্ধতি ঃ

$$4NH_3+5O_2 \overset{Pt,\ 750°C}{=} 4NO+6H_2O$$

$$2NO+O_2=2NO_2\ ;\ 3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$$

বহুল প্রচলিত এই পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়াকে প্রায় নয় আয়তন বায়ু মিশাইয়া প্রদত্ত শর্তে NO-তে জারিত করা হয়। গ্যাসমিশ্রণ শীতল করিলে ON অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া NO_2-তে পরিণত হয় এবং ঐ NO_2-কে জলে শোষণ করিলে পূর্বোক্ত পদ্ধতিতে প্রদত্ত সমীকরণ অনুযায়ী HNO_3 পাওয়া যায়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন ঃ

লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি ঃ $NO_2+SO_2+H_2O=H_2SO_4+NO$

$2NO+O_2=2NO_2$। অল্প পরিমাণ NO বা NO_2-এর উপস্থিতিতে SO_2, স্টীম ও বায়ুর অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় লেড প্রকোষ্ঠের মধ্যে H_2SO_4 উৎপাদন করা হয়। NO অক্সিজেন বাহক হিসাবে কাজ করে।

স্পর্শ পদ্ধতি ঃ $S+O_2=SO_2\ ;\ 2SO_2+O_2 \underset{Pt}{\overset{450°C}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$

$$SO_3+H_2SO_4=H_2S_2O_7\ ;\ H_2S_2O_7+H_2O=2H_2SO_4$$

সালফার বা আয়রন পাইরাইটিস দহন করিয়া প্রাপ্ত SO_2-কে বিশুদ্ধ করার পর 450°C উষ্ণতায় Pt অনুঘটক বা 575°C উষ্ণতায় V_2O_5 অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। SO_3-কে গাঢ় H_2SO_4-এ শোষণ করিলে ওলিয়াম ($H_2S_2O_7$) পাওয়া যায়। প্রাপ্ত ওলিয়ামে পরিমাণমত জল যোগ করিলে 100% H_2SO_4 উৎপন্ন হয়।

কোল গ্যাসের শিল্পোৎপাদন ঃ কাঁচা কয়লাকে 500°-600°C (L. T. C. পদ্ধতি) অথবা 1000°-1200°C (H. T. C. পদ্ধতি)-এর মধ্যে অন্তর্ধূমপাতন করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া উদ্বায়ী তরল ও গ্যাসীয় অংশ পরিত্যাগ করে। কার্বন কোক-কয়লারূপে বকযন্ত্রে পড়িয়া থাকে। বকযন্ত্র বহির্গত বাষ্প-গ্যাসমিশ্রণকে শীতল

করিলে তরল অংশ (আলকাতরা ও অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার) ঘনীভূত হইয়া পৃথক হয়। অতঃপর গ্যাসীয় অংশকে HCN, H_2S ইত্যাদি অশুদ্ধি হইতে মুক্ত করিবার জন্য ধৌতিস্তম্ভে জল দ্বারা ধৌত করা হয় এবং শোধনস্তম্ভে সোদক ফেরিক অক্সাইড ও ফোটানো চুনের সাহায্যে শোধন করা হয়। এই গ্যাসই জ্বালানি হিসাবে বহুল ব্যবহৃত কোল গ্যাস নামে পরিচিত। H.T.C. পদ্ধতিতে উৎপন্ন কোল গ্যাসে প্রায় 50% H_2, 8% CO, 34% CH_4 ও অন্যান্য অ্যালকেন, 3·5% অন্যান্য হাইড্রোকার্বন, 2·5% CO_2 এবং 2% N_2 থাকে।

অনুশীলনী

নিবন্ধধর্মী প্রশ্নাবলী

1. হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদন সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

2. হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন কিভাবে হয়? [Tripura, 1982] উৎপাদনে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব সম্বন্ধে আলোচনা কর।

3. অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদন কিভাবে করা হয়? অ্যামোনিয়াকে জারণ করিতে কি কি শর্ত পালিত হয়? ব্যবহৃত অ্যামোনিয়া এবং অক্সিজেনকে কম সময়ের জন্য অনুঘটক কক্ষে রাখা হয় কেন?

4. অ্যামোনিয়ার জারণ ব্যতীত আর কি উপায়ে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদন করা হয়?

5. সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদন সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। এই পদ্ধতিতে যে-রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার উপর চাপ ও উষ্ণতার প্রভাব আলোচনা কর।

6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব সম্বন্ধে আলোচনা কর।

(a) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ [H. S. 1984]; (b) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$;
(c) $4NH_3+5O_2 \rightleftharpoons 4NO+6H_2O$।

7. কোল গ্যাস কি? কোল গ্যাসের প্রধান উপাদানগুলি কি কি? কোল গ্যাস উৎপাদনের সময় উৎপন্ন প্রধান উপজাত দ্রব্যগুলির নাম কর। উপজাত দ্রব্যগুলির ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

8. 'অন্তর্ধূমপাতনের' অর্থ কি? সাধারণ পাতনের সঙ্গে ইহার পার্থক্য কোথায়? অন্তর্ধূমপাতনের সাহায্যে কোল গ্যাস প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

9. হেবার পদ্ধতি ছাড়া আর কি কি উপায়ে অ্যামোনিয়ার পণ্যোৎপাদন সম্ভব?

10. টীকা লিখ :

(a) অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার ; (b) সায়নামাইড পদ্ধতি ; (c) স্পেণ্ট অক্সাইড ; (d) ওলিয়াম ; (e) সালফান ; (f) আলকাতরা ; (g) গ্যাস কার্বন ; (h) কোক ; (i) কয়লার অন্তর্ধূমপাতন।

11. হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার পণ্যোৎপাদনে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন কিভাবে সংগ্রহ করা হয় ?

12. বার্কল্যাণ্ড আইড পদ্ধতিতে কিভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয় ? মূলনীতি বিবৃত কর।

13. স্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4-এর বাণিজ্যিক প্রস্তুতি বর্ণনা কর। [H. S. 1980, '83 ; Tripura, 1981, '85] এই পদ্ধতিতে যে-সকল ব্যবস্থা অবলম্বন করা প্রয়োজন তাহা ব্যাখ্যাসহ লিখ। [H. S. 1983]

14. অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারীর শিল্পপদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারীর অন্যান্য শিল্পপদ্ধতির তুলনায় এই পদ্ধতি শ্রেষ্ঠ কেন ? অ্যাকোয়া রিজিয়া কি ?

অথবা, কোল গ্যাস তৈয়ারীর শিল্পপদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

[Tripura, 1984]

15. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয় : $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 24000$ Cal (উত্তাপ)

(a) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির সময় কত চাপ ও তাপমাত্রা রাখা হয় ? কি প্রভাবক (Catalyst) ও উদ্দীপক (Promoter) ব্যবহার করা হয় ?

(b) ঐ নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রা ব্যবহারের সার্থকতা ব্যাখ্যা কর।

(c) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস দুইটির উৎসের উল্লেখ কর।

(d) সমতা স্থাপন করা রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ করিয়া নিম্নলিখিত ক্ষেত্র দুইটিতে কি ঘটে লিখ :

(i) $CuSO_4$ দ্রবণ ও (ii) $FeCl_3$ দ্রবণের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হইল। [H. S., 1984]

16. (a) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত হয় ? (b) সালফিউরিক আসিড হইতে সালফিউরাস অ্যাসিড কিভাবে পাওয়া যাইতে পারে ? (c) গাঢ় ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্মের পার্থক্য উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। [H. S. 1980]

17. (a) নিম্নলিখিত বস্তুগুলির তৈরি প্রণালী ও ব্যবহার লিখ :

(i) সুপারফসফেট অব লাইম ; (ii) কোল গ্যাস।

(b) কোল গ্যাস বিষাক্ত কেন ? [H. S., 1980]

ছুম্বোত্তর প্রশ্নাবলী

(a) জল তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া হাইড্রোজেন উৎপাদনকালে জলে অ্যাসিড বা ক্ষার যোগ করা হয় কেন ?

(b) অম্লীকৃত জল তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার এবং ক্ষারীয় জল তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে নিকেল অ্যানোড ব্যবহার করা হয় কেন ?

(c) ওয়াটার-গ্যাসকে হাইড্রোজেনে পরিণত করিতে কত তাপমাত্রায় কোন্ অনুঘটক ব্যবহৃত হয় ?

(d) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণকালে কত তাপমাত্রা ও চাপে কোন্ অনুঘটক ব্যবহৃত হয় ?

(e) হেবার পদ্ধতিতে কেন উচ্চ চাপ ও সর্বোত্তম তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয় ?

(f) হেবার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন হাইড্রোজেন মিশ্রণ পুনরাবর্তিত করিবার পূর্বে উহা হইতে অ্যামোনিয়া অংশকে পৃথক করা হয় কেন ?

(g) অস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া জারণকালে কত তাপমাত্রায় কোন্ অনুঘটক ব্যবহৃত হয় ?

(h) অস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইডে জারণের জন্য প্রয়োজনীয় পরিমাণ বায়ু অপেক্ষা বেশি বায়ু ব্যবহৃত হয় কেন ?

(i) আর্ক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া শিল্পোৎপাদনকালে বৈদ্যুতিক আর্কের চারি-ধারে চুম্বকক্ষেত্র প্রয়োগ করা হয় কেন ?

(j) আর্ক পদ্ধতিতে নাইট্রিক আসিড শিল্পোৎপাদনকালে বায়ুকে বৈদ্যুতিক আর্কের সংস্পর্শে আনার পর অতি দ্রুত শীতল করা হয় কেন ?

(k) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনকালে কত তাপ-মাত্রায় কোন্ অনুঘটক ব্যবহৃত হয় ?

(l) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনকালে ব্যবহার্য গ্যাস-গুলিকে সম্পূর্ণরূপে অশুদ্ধিমুক্ত করার প্রয়োজন হয় কেন ?

(m) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পোৎপাদনকালে উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে শোষণের জন্য বিশুদ্ধ জলের পরিবর্তে 98% H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় কেন ?

(n) কোল গ্যাস শিল্পোৎপাদনকালে কত তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয় ?

(o) কোল গ্যাসের মধ্যে প্রধানত কোন্ কোন্ গ্যাস উপস্থিত থাকে ?

(p) কোল গ্যাস বিষাক্ত কেন ?

(q) কোল গ্যাস শিল্পোৎপাদনকালে শোধনস্তম্ভে কেন সোদক ফেরিক অক্সাইড ব্যবহৃত হয় ?

———

উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক, ১৯৮৫

Group—A

(1 নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখ)

1. (a) একটি যৌগের অণুতে দুই পরমাণু নাইট্রোজেন বর্তমান এবং ইহাতে 30·43% নাইট্রোজেন আছে। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব কত ? (N=14)

(b) 0·05 মোল ওজোন (ozone) গ্যাসে কতগুলি পরমাণু বর্তমান ?

অথবা, (a) গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করিতে ইহার আয়তনের ছয়গুণ আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন হয় এবং ইহার আয়তনের চারগুণ পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহার সঙ্কেত কি ?

(b) একটি যৌগের স্থূল সঙ্কেত CH_2O এবং বাষ্প ঘনত্ব 90। যৌগটির আণবিক সঙ্কেত কি ? (C=12, H=1, O=16)

2. অ্যামোনিয়া যৌগে 82·35% নাইট্রোজেন, জলে 11·11% হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন পারক্সাইডে 69·57% অক্সিজেন বর্তমান। দেখাও যে উপরোক্ত ফলাফল একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। উক্ত সূত্রটি বিবৃত কর। ডাল্টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

3. (a) লা-স্যাটেলিয়ারের নীতি বিবৃত কর। নিম্নলিখিত গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর চাপ ও উষ্ণতা পরিবর্তনের ফলাফল বর্ণনা কর।

$$H_2 + I_2 2 \rightleftharpoons Hl - 13 \text{ kcal.}$$

(b) স্থির চাপে 0°C হইতে 82°C উষ্ণতা পরিবর্তনে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 1·3 লিটার হইল। উপরোক্ত ফলাফল হইতে পরমশূন্যের মান (সেন্টিগ্রেড মাত্রায়) নির্ণয় কর।

4. (a) ডুলং ও পেটিটের সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র প্রয়োগে কিভাবে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয় ? এই পদ্ধতির সীমাবদ্ধতাগুলি কি কি ?

(b) 1·08 গ্রাম একটি ধাতু 1·435 গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ ·059 হইলে ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত ? (Cl=35·5)

5. (a) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু অনুরূপ ভাবে ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ফেরিক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় না। ইহার কারণ কি ? (b) সূচক (Indicator) কি ? নিম্নলিখিত প্রশমণ ক্রিয়ায় কোন্ কোন্ সূচক ব্যবহার করিবে ? (i) সোডিয়াম কার্বনেট দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। (ii) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বারা অক্সালিক অ্যাসিড। (c) 0·5 N মাত্রার একটি অম্ল দ্রবণের সহিত 0·3 N মাত্রার একটি ক্ষার দ্রবণ কি আয়তন অনুপাতে মিশ্রিত করিলে দ্রবণটি 0·05 N মাত্রার ক্ষারীয় দ্রবণে পরিণত হইবে ?

*6. (a) জারণ সংখ্যা কি ? ইহার সহিত যোজ্যতার পার্থক্য নির্দেশ করিবে কিরূপে ?

---

* এ প্রশ্নের বিষয়বস্তু নূতন পাঠ্যক্রম অনুযায়ী দ্বিতীয় খণ্ডের অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে।

(b) জারণ সংখ্যা পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণটির সামঞ্জস্য বিধান কর : $H_2S + SO_2 \rightarrow S_2 + H_2O$

(c) দস্তা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে রূপা মুক্ত করে কিন্তু রূপা জিঙ্ক নাইট্রেট দ্রবণ হইতে দস্তা মুক্ত করিতে পারে না। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

Group—B

(7 নং প্রশ্ন ও অন্য যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

7. (a) হাইড্রোজেন জারক হিসাবে ব্যবহার করিতে পারে ইহা দেখাইবার জন্য একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া লিখ। (b) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে বিশুদ্ধ দস্তা ব্যবহার করা যায় না কেন ? (c) জায়মান হাইড্রোজেন কি ?

অথবা, (a) বেরিয়াম পারক্সাইড হইতে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত করিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন ? (b) পটাশিয়াম নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন কালে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন ? (c) লাফিং গ্যাস (Laughing gas) কি ?

8. (a) পরীক্ষাগারে শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

(b) নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়া (সমীকরণসহ) লিখ : (i) উত্তপ্ত গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ এবং (ii) সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের জলীয় দ্রবণ।

9. রাসায়নিক সার বলিতে কি বুঝ ? (a) একটি নাইট্রোজেন ঘটিত ও (b) একটি ক্যালসিয়াম ঘটিত সারের শিল্পপ্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

10. একটি সোডিয়াম লবণ (A)-কে উত্তপ্ত করিলে একটি কঠিন পদার্থ (B) এবং অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। B লঘু অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে একটি বাদামী গ্যাস (C) নির্গত করে। B কে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড সহ উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন গ্যাস (D) নির্গত হয় এবং একটি কঠিন অবশেষ (E) পাওয়া যায়। A এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে অপর একটি বর্ণহীন গ্যাস (F) উৎপন্ন হয় এবং অবশেষ রূপে পড়িয়া থাকে কঠিন পদার্থ (E)। A, B, C, D, E, এবং F যৌগগুলিকে সনাক্ত কর এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ লিখ।

11. কি ঘটে রাসায়নিক সমীকরণসহ লিখ (যে কোনও পাঁচটি)

(a) লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল যুক্ত করা হইল। (b) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে আম্লিক কিউপ্রিক ক্লোরাইড ও জিঙ্ক ক্লোরাইডের মিশ্রিত দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল। (c) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত পটাশিয়াম ডাই ক্রোমেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড যোগ করা হইল। (d) গন্ধককে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটান হইল। (e) কাঠকয়লার গুঁড়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। (f) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করা হইল। (g) সোডিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণকে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও কষ্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

12. কারণ ব্যাখ্যা কর (যে কোনও পাঁচটি)

(a) কোল গ্যাস (coal gas) বিষাক্ত হইতে পারে। (b) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু করিবার সময় জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অ্যাসিড যোগ করা হয়। (c) জলীয় বাষ্পের অনুপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বিরঞ্জন করিতে পারে না। (d) বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন গ্যাস অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা সামান্য ভারী। (e) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস, কিন্তু সিলিকন ডাই-অক্সাইড কঠিন পদার্থ। (f) হীরা খুব কঠিন কিন্তু গ্রাফাইট নরম। (g) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে শুষ্ক করা যায় না।

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক, 1985

বিভাগ—ক

1 নং প্রশ্নের অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

1. (a) গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। উদাহরণের সাহায্যে সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

(b) একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 77·78% ও 70% ধাতু আছে। দেখাও যে, ইহা গুণানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

অথবা, (c) ডুলং ও পেটিটের সূত্রটি বিবৃত কর। মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে এই সূত্রটির প্রয়োগ ব্যাখ্যা কর।

(d) একটি ধাতুর 0·125 gm. ক্লোরাইডে 0·054 gm. ধাতু বর্তমান। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·281 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? [ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5]

2. (a) অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটি বিবৃত কর। এই প্রকল্পটির প্রয়োজন হইয়াছিল কেন?

(b) প্রমাণ কর যে একটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ।

3. (a) স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত বলিতে কি বুঝ? উহাদের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

(b) কোন যৌগে Na = 14·30%, S = 9·97%, O = 69·47% এবং H = 6·25% আছে। যদি যৌগটিতে সমস্ত হাইড্রোজেন কেলাশ জল রূপে বিদ্যমান থাকে, তবে যৌগটির সম্ভাব্য আণবিক সঙ্কেত কি হইবে?

4. (a) মোলার দ্রবণ ও নর্মাল দ্রবণের সংজ্ঞা দাও।

(b) 20 ml. H_2SO_4 এর দ্রবণ 21·2 ml. 3% NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করে। উক্ত H_2SO_4 এর 1 litre দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 আছে? এই H_2SO_4 দ্রবণকে কিরূপে ডেসি নর্মাল দ্রবণে পরিণত করিবে?

*5. (a) জারণ ও বিজারণ পদ্ধতির ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও। দেখাও যে জারণ বিজারণ ক্রিয়া একই সঙ্গে ঘটে।

* এ প্রশ্নের বিষয়বস্তু নূতন পাঠ্যক্রম অনুযায়ী দ্বিতীয় খণ্ডের অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে।

(b) জারণ সংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর ঃ

(i) $H_2S + SO_2 \longrightarrow S + H_2O$

(ii) $Cu + HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$

6. (a) ল্যা স্যাটেলিয়ারের প্রণীত বিবৃত কর। নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপের প্রভাব কি হইবে? $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 23400$ Calories.

(b) $CaCO_3$-কে মুক্তস্থানে এবং আবদ্ধ স্থানে উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন ফল পাওয়া যায় কেন?

অথবা, (c) বয়েলের এবং চার্লসের সূত্রের সাহায্যে $PV = nRT$ এই সম্পর্কটি প্রতিষ্ঠা কর।

বিভাগ—খ

৭নং প্রশ্নের অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে-কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

7. 'বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নহে'—এই উক্তির যথার্থতা বুঝাইয়া দাও।

অথবা, প্রমাণ কর যে, সালফিউরিক অ্যাসিডে S, O এবং H আছে।

8. খরজল বলিতে কি বুঝ? জলের খরতার কারণ ব্যাখ্যা কর। কাপড় ধোলাইয়ের কাজে খরজল ব্যবহারে কি কি অসুবিধা হয়? জলের স্থায়ী খরতা দূরীকরণের প্রক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।

9. (a) (i) H_2O_2 তৈয়ারী করিতে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় কেন?

(ii) H_2O_2 প্রস্তুতিতে BaO-কে প্রথমে জলের সহিত লেই করা হয় কেন?

(iii) উপযুক্ত উদাহরণের সাহায্যে প্রমাণ কর যে, H_2O_2 একটি শক্তিশালী জারক।

(iv) $KMnO_4$ এর আম্লিক দ্রবণের সহিত H_2O_2-এর বিক্রিয়া কি?

(b) 10 vol H_2O_2 বলিতে কি বুঝ?

10. রসায়নাগারে কিভাবে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর। তপ্ত কস্টিক সোডা দ্রবণ এবং অ্যামোনিয়ার সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ।

11. নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ বর্ণনা কর (a) তীব্র অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ওজোন গ্যাস পাঠানো হইল। (b) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সালফার ফোটানো হইল। (c) কপার সালফেটের দ্রবণে ফস্‌ফিণ গ্যাস চালনা করা হইল। (d) লেড নাইট্রেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল।

12. স্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4-এর বাণিজ্যিক প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

অথবা, পরীক্ষাগারে কিপ্‌ যন্ত্রে H_2S প্রস্তুতি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। পরীক্ষাগারে এই গ্যাসের ব্যবহার আলোচনা কর।